



TUGAS AKHIR – TI 141501

**MODEL OPTIMASI *STORAGE ASSIGNMENT* UNTUK
ORDER-PICKING DI GUDANG *RAW MATERIAL* PT X**

BAGUS SALIRA YUDA WASKITA

NRP. 2512 100 013

Dosen Pembimbing :

Prof. Iwan Vanany, ST., M.T. Ph. D

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2016



FINAL PROJECT – TI 141501

***STORAGE ASSIGNMENT OPTIMIZATION MODEL
FOR ORDER-PICKING ACTIVITY IN RAW MATERIAL
WAREHOUSES OF PT X***

BAGUS SALIRA YUDA WASKITA

NRP. 2512 100 013

Supervisor :

Prof. Iwan Vanany, ST., M.T. Ph. D

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2016

LEMBAR PENGESAHAN

MODEL OPTIMASI *STORAGE ASSIGNMENT* UNTUK *ORDER-PICKING* DI GUDANG *RAW MATERIAL* PT. X

TUGAS AKHIR

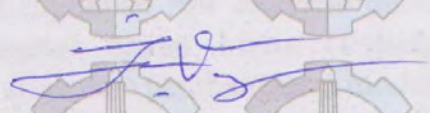
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

BAGUS SALIRA YUDA WASKITA

NRP 2512 100 013

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir,


Prof. Iwan Vanany, ST., M.T. Ph.D

NIP : 197109271999031002


SURABAYA, JULI 2016

MODEL OPTIMASI *STORAGE ASSIGNMENT* UNTUK *ORDER-PICKING* PADA GUDANG RAW MATERIAL PT X

Nama : Bagus Salira Yuda Waskita
NRP : 2512100013
Jurusan : Teknik Industri
Dosen Pembimbing : Prof. Iwan Vanany, ST., M.T. Ph. D

ABSTRAK

Gudang merupakan salah satu komponen penting dalam aktivitas logistik dan rantai pasok (*supply chain*). Gudang memiliki peran dalam pengendalian persediaan untuk meningkatkan koordinasi *supply-demand* dan menurunkan biaya secara keseluruhan (Ballou, 2004). Ghiani *et al.* (2004) menyebutkan bahwa aktivitas utama yang terdapat di dalam gudang terdiri dari, *receiving*, *holding/storing*, *picking*, dan *shipping*. Berdasarkan keempat aktivitas tersebut, *picking* atau *order-picking* merupakan aktivitas yang membutuhkan kontribusi *material handling* paling besar. Menurut Coyle *et al.* (2003), *order-picking* diestimasikan menyumbang sekitar 65% dari keseluruhan biaya operasi gudang. Persentase tersebut cukup besar dibandingkan aktivitas dalam gudang lainnya. Efisiensi aktivitas *order-picking* diperlukan untuk mengurangi besarnya biaya operasional tersebut. Salah satu permasalahan operasional yang dihadapi pengelola gudang terkait *order-picking* adalah *storage assignment policies*. *Storage assignment problem* merupakan sebuah tantangan bagi pengelola gudang karena banyaknya *item* yang harus disimpan di dalam gudang.

Rencana perubahan *layout* yang terjadi di gudang raw material PT X menghasilkan sebuah tantangan baru yaitu bagaimana menentukan *storage assignment* yang sesuai. Gudang raw material PT X dibagi menjadi dua bagian yaitu *section 1* yang menyimpan raw material bubuk (*bulk*) dan *section 2* yang menyimpan raw material cairan kimia (*liquid*). Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut dilakukan pembangunan model optimasi yang memodifikasi model milik Sanei *et al.* (2011). Parameter yang dijadikan pertimbangan dalam model yang dibangun adalah besarnya frekuensi aliran raw material dan jarak tempuh tiap rak dengan pintu keluar. Modifikasi yang dilakukan yaitu pada parameter frekuensi yang dipangkatkan tiga. Tujuan dari frekuensi yang dipangkatkan tersebut adalah untuk mendapatkan besarnya rasio yang berbanding lurus dengan besarnya frekuensi. Eksperimen model dilakukan dengan menggunakan *software* LINGO 11.0. Total jarak tempuh untuk pengambilan semua raw material pada gudang raw material *section 1* adalah 6.884 meter. Sedangkan total jarak tempuh untuk gudang raw material *section 2* adalah 53.491,9 meter.

Kata kunci : gudang raw material, optimasi, *storage assignment*

(halaman ini sengaja dikosongkan)

STORAGE ASSIGNMENT OPTIMIZATION MODEL FOR ORDER-PICKING ACTIVITY IN RAW MATERIAL WAREHOUSE OF PT X

Name : Bagus Salira Yuda Waskita
Student Number : 2512100013
Major : Industrial Engineering
Supervisor : Prof. Iwan Vanany, ST., M.T. Ph. D

ABSTRACT

Warehouse is one of the most important component in logistic and supply chain activities. Warehouse has role in controlling inventory to increase supply-demand coordination and reducing the overall cost (Ballou, 2004). According to Ghiani *et al.* (2004), the main activities held on warehouses are, receiving, holding/storing, picking, and shipping. Based on those four activities, picking or order-picking is an activity which require biggest contribution of material handling. According to Coyle *et al.* (2003), order-picking estimated account about 65% of overall warehouse operational cost. That percentage of warehouse operational cost is the highest cost among others activities. Efficiency of order-picking activity is needed to reduce the cost. A common operational issue faced by warehouse manager related to order-picking activity is storage assignment policy. Storage assignment problem has been a challenge for warehouse manager because of many items should be stored.

Warehouse relayout which planned in raw material warehouse of PT X, has been a new challange to determining an appropriate storage assignment. Raw material warehouse of PT X divided into two warehouse section. Section 1 is assign for bulk material storage and section 2 is assign for liquid material storage. To solve this problem, we build an optimization model which modified from the original optimization model by Sanei *et al.* (2011). The parameter were taken into consideration in the model are the raw material flow frequency and the lenght of each rack from the exit door. The modification made at the frequency parameters which cubed. The purpose of this cubed is to resulting the ratio's value which directly proportional to the frequency's value. The experiment were performed using LINGO 11.0. The total mileage of overall raw material picking in section 1 is 6.884 meters. Meanwhile the total mileage of overall raw material picking in section 2 is 53.491,9 meters.

Key words : optimization, raw material warehouse, storage assignment

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Ruang Lingkup	5
1.5.1 Batasan	5
1.5.2 Asumsi	5
1.6 Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Gudang	7
2.2 Media Penyimpanan	9
2.3 Kebijakan Penyimpanan (<i>Storage Policy</i>)	10
2.4 <i>Material Handling</i>	11
2.5 Operasi Gudang	13
2.6 <i>Storage Assignment</i>	15
2.7 <i>Layout</i> Fasilitas	18
2.8 <i>Linear Programming</i>	19
2.9 <i>Literature Review</i>	19
BAB 3 METODE PENELITIAN	23
3.1 Tahap Awal dan Persiapan	23
3.1.1 Identifikasi Permasalahan	23
3.1.2 Studi Literatur dan Studi Lapangan	23
3.2 Pengumpulan Data dan Pembuatan Model	24

3.2.1	Pengumpulan Data	24
3.2.2	Pembuatan Model Optimasi <i>Storage Assignment</i>	24
3.2.3	Pengolahan Data.....	26
3.3	<i>Running Model</i> dan Penarikan Kesimpulan.....	27
3.3.1	Eksperimen Model dan Penentuan Solusi.....	27
3.2.3	Verifikasi dan Validasi Model	27
3.3.3	Analisis dan Intrepetasi	28
3.3.4	Kesimpulan dan Saran.....	28
BAB 4 PENGUMPULAN DATA.....		31
4.1.	Gambaran Objek Amatan.....	31
4.1.1	Gambaran Umum PT X.....	31
4.1.2	Produksi dan Gudang di PT X Pabrik Rungkut.	32
4.1.2.1	Gudang <i>Raw Material</i>	32
4.1.3	Permasalahan di Gudang <i>Raw Material</i>	34
4.2	Pengumpulan Data	36
4.2.1	Jenis <i>Raw Material</i> dan Paletisasi.....	36
4.2.2	Penerimaan <i>Raw Material</i>	38
4.2.3	Frekuensi Aliran <i>Raw Material</i> ke Lantai Produksi (<i>Substore</i>).....	42
4.2.4	Level Rak dan Jarak Rak Penyimpanan dengan Pintu Keluar	46
4.2.4.1	Penomoran dan Level Rak Penyimpanan.....	46
4.2.4.2	Jarak Rak Penyimpanan dengan Pintu Keluar	47
BAB 5 PENGOLAHAN DATA		53
5.1	Model Optimasi <i>Storage Assignment</i>	53
5.2	Model Optimasi <i>Storage Assignment</i> Usulan (Pertama).....	57
5.3	Model Optimasi <i>Storage Assignment</i> Usulan (Kedua).....	60
5.4	Verifikasi dan Validasi Model	63
5.4.1	Verifikasi Model	64
5.4.2	Validasi Model	64
5.5	Eksperimen dan Pencarian Solusi	65
5.5.1	Eksperimen Model untuk Gudang <i>Raw Material Section 1</i>	65
5.5.2	Eksperimen Model untuk Gudang <i>Raw Material Section 2</i>	66
BAB 6 ANALISIS DAN INTERPRETASI		69
6.1	Analisis <i>Dedicated-Undedicated Area</i> , Rak, dan Palet.....	69

6.2	Analisis Hasil Model Optimasi <i>Storage Assignment</i>	69
6.2.1	Analisis Hasil <i>Storage Assignment</i> Gudang <i>Raw Material Section 1</i>	69
6.2.2	Analisis Hasil <i>Storage Assignment</i> Gudang <i>Raw Material Section 2</i>	73
6.3	Analisis Perbandingan Kondisi Eksisting dan Hasil Model Optimasi <i>Storage Assignment</i>	76
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN		79
7.1	Kesimpulan	79
7.2	Saran	79
DAFTAR PUSTAKA		81
LAMPIRAN 1A		83
LAMPIRAN 1B		84
LAMPIRAN 2A		85
LAMPIRAN 2B		86
LAMPIRAN 3A		87
LAMPIRAN 3B		92
LAMPIRAN 4A		100
LAMPIRAN 4B		102
LAMPIRAN 5A		104
LAMPIRAN 5B		110
LAMPIRAN 6		122
BIODATA PENULIS		123

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Luas Area dan Kapasitas Palet Eksisting Gudang <i>Raw Material</i> PT X.	33
Tabel 4. 2 Rencana Luas Area Perubahan dan Kapasitas Palet Gudang <i>Raw Material</i> PT X.	35
Tabel 4. 3 Perbandingan Jumlah dan Variasi Ukuran Material Bubuk dan Cairan Kimia.....	36
Tabel 4. 4 Penerimaan Material Bubuk Bulan April 2015 - Desember 2015	39
Tabel 4. 5 Penerimaan Material Cairan Kimia Bulan April 2015 - Desember 2015	40
Tabel 4. 6 Frekuensi Pengiriman Material Bubuk Bulan April 2015 - Desember 2015.....	42
Tabel 4. 7 Frekuensi Pengiriman Material Cairan Kimia Bulan April 2015 - Desember 2015.....	44
Tabel 4. 8 Klasifikasi <i>Fast Moving</i> Item dan <i>Slow Moving Item</i>	46
Tabel 4. 9 Jarak Tiap Rak dengan Pintu Keluar pada Gudang <i>Raw Material Section 1</i>	48
Tabel 4. 10 Jarak Tiap Rak dengan Pintu Keluar pada Gudang <i>Raw Material Section 2</i>	48
Tabel 4. 11 Jarak Rak Level Dua Hingga Empat pada Gudang <i>Raw Material Section 1</i>	49
Tabel 4. 12 Jarak Rak Level Dua Hingga Lima pada Gudang <i>Raw Material Section 2</i>	50
Tabel 5. 1 Data Jumlah Palet Disimpan dan Frekuensi	53
Tabel 5. 2 Data Jarak Tiap Rak dengan Pintu Keluar (dalam meter)	53
Tabel 5. 3 Hasil Penataan Lokasi Penyimpanan dengan Cara Manual.....	54
Tabel 5. 4 Posisi Akhir Penyimpanan <i>Raw Material</i> pada Tiap Rak	56
Tabel 5. 5 Rasio Frekuensi dengan Jumlah Palet.....	56
Tabel 5. 6 Posisi Akhir Penyimpanan <i>Raw Material</i> pada Tiap Rak (2).....	59
Tabel 5. 7 Rasio Frekuensi dengan Jumlah Palet (2).....	60
Tabel 5. 8 Posisi Akhir Penyimpanan <i>Raw Material</i> pada Tiap Rak (3).....	62
Tabel 5. 9 Rasio Frekuensi dengan Jumlah Palet (3).....	63

Tabel 6. 2 Contoh Hasil Perhitungan Total Jarak Tempuh tiap <i>Raw Material</i>	71
Tabel 6. 3 Hasil Perhitungan Total Jarak Tempuh tiap <i>Raw Material</i> (2)	75
Tabel 6. 1 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Hasil Optimasi	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Alur Proses Penelitian	29
Gambar 4. 1 Layout Eksisting Gudang <i>Raw Material</i> PT X.	33
Gambar 4. 2 Aliran Barang pada Gudang <i>Raw Material</i> Pabrik A	34
Gambar 4. 3 Layout Rencana Perubahan pada Gudang <i>Raw Material</i> Pabrik A .	35
Gambar 4. 4 Ilustrasi Tampak Atas Paletisasi Material Bubuk (a) dan Cairan Kimia (b).....	38
Gambar 4. 5 Ilustrasi Tampak Samping Paletisasi Material Bubuk (a) dan Cairan Kimia (b).....	38
Gambar 4. 6 Denah Penomoran Rak Gudang <i>Raw Material</i> PT X.	47
Gambar 5. 1 <i>Coding</i> Model Optimasi 1 pada <i>Software</i> LINGO 11.0.....	55
Gambar 5. 2 <i>Output</i> dari <i>Running</i> untuk Uji Coba Model Optimasi <i>Storage</i> <i>Assignment</i>	55
Gambar 5. 3 <i>Coding</i> Model Usulan Optimasi <i>Storage Assignment</i> (Pertama) pada <i>Software</i> Lingo 11.0.....	58
Gambar 5. 4 <i>Output Running</i> untuk Model Usulan <i>Storage Assignment</i> (Pertama)	59
Gambar 5. 5 Hasil <i>Running</i> untuk Model Usulan (Kedua).....	62
Gambar 5. 6 Hasil <i>Debug</i> Verifikasi Model	64
Gambar 5. 7 <i>Output Running</i> Model Eksperimen Gudang <i>Raw Material Section</i> 1	66
Gambar 5. 8 <i>Output Running</i> Model Eksperimen Gudang <i>Raw Material Section</i> 2	67
Gambar 6. 1 Hasil Optimasi <i>Storage Assignment</i> pada Gudang <i>Raw Material</i> <i>Section</i> 1.....	70
Gambar 6. 2 Persentase Utilisasi Rak pada Gudang <i>Raw Material Section</i> 1	71
Gambar 6. 3 Hasil Optimasi <i>Storage Assignment</i> pada Gudang <i>Raw Material</i> <i>Section</i> 2.....	73
Gambar 6. 4 Persentase Utilisasi Rak pada Gudang <i>Raw Material Section</i> 2	74

(halaman sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan dan asumsi, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penelitian.

1.1 Latar Belakang

Gudang merupakan salah satu komponen penting dalam aktivitas logistik dan rantai pasok (*supply chain*). Gudang memiliki peran dalam pengendalian persediaan untuk meningkatkan koordinasi *supply-demand* dan menurunkan biaya secara keseluruhan (Ballou, 2004). Selain sebagai tempat penyimpanan sementara, gudang juga berfungsi sebagai tempat pengepakan (*packing*) maupun konsolidasi barang. Struktur dan operasi yang dilakukan dalam sebuah gudang tergantung dari beberapa hal yaitu, karakteristik produk/barang yang disimpan, volume barang yang ditangani, dan jumlah barang yang disimpan (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004).

Ghiani *et al.* (2004) menyebutkan bahwa aktivitas utama yang terdapat di dalam gudang terdiri dari, penerimaan produk/barang (*receiving*), menyimpan inventori pada lokasi penyimpanan (*holding/storing*), mengambil item dari lokasi penyimpanan (*picking*), menyusun pesanan pelanggan dan mengirimkan barang (*shipping*). Pada keempat aktivitas tersebut, *material handling* memiliki peran yang dominan dikarenakan banyak terjadi proses perpindahan barang. Berdasarkan keempat aktivitas tersebut, *picking* atau *order picking* merupakan aktivitas dengan kontribusi *material handling* yang paling besar di dalamnya.

Order picking merupakan proses pengambilan barang dari lokasi penyimpanan sesuai dengan pesanan pelanggan. Coyle *et al.* (2003) mengestimasi bahwa aktivitas *order picking* menyumbang 65% dari keseluruhan biaya operasi gudang. Untuk mengurangi waktu yang dibutuhkan dalam pengambilan tiap pesanan dengan memperhatikan penggunaan area, peralatan, tenaga kerja dan juga aksesibilitas pada seluruh item yang disimpan,

maka dibutuhkan perancangan dan kontrol sistem *order picking* yang tepat. Terdapat beberapa permasalahan taktis dan operasional yang dihadapi oleh pengelola gudang terkait *order picking*, yaitu *layout design*, *picking policies*, *storage assignment policies*, dan *routing policies*. *Layout design*, yaitu tentang tata letak dimana sistem *order-picking* terjadi dan tata letak di dalam sistem *order-picking* tersebut. *Picking policies*, yaitu tentang bagaimana pesanan dikelompokkan berdasar rute pengambilan. *Storage assignment policies*, yaitu mengenai dimana lokasi item akan disimpan. *Routing policies*, yaitu mengenai penentuan rute pengambilan berdasarkan item pesanan (Chan & Chan, 2011).

Permasalahan penentuan lokasi penyimpanan item yang tepat atau diistilahkan dengan *storage assignment problem* merupakan sebuah tantangan tersendiri bagi pengelola gudang. Hal ini dikarenakan adanya ratusan hingga ribuan item yang harus disimpan dengan pola permintaan dan kedatangan yang berbeda-beda. Chan & Chan (2011) mengemukakan bahwa terdapat banyak faktor yang mempengaruhi *storage assignment*. Contohnya adalah metode *order-picking*, ukuran dan tata letak sistem penyimpanan, sistem *material-handling*, karakteristik produk, tren permintaan, *turnover rates* dan *space requirement*. Pada prakteknya, sulit untuk mempertimbangkan semua faktor tersebut. Pemilihan *storage assignment policy* dan *routing method* yang tepat merupakan solusi yang mungkin dilakukan dengan memperhitungkan faktor-faktor diatas (Chan & Chan, 2011).

Penelitian yang membahas *storage assignment policy* atau *storage assignment problem* telah banyak dikemukakan oleh para ahli. Chan & Chan (2011) melakukan studi simulasi dengan kasus yang terjadi pada gudang yang menerapkan *manual-pick* dan *multi-level rack*. Pengukuran performansi yang dilakukan adalah dengan mengukur jarak perpindahan dan waktu pengambilan pesanan. Sanei *et al.* (2011) menyelesaikan permasalahan *space assignment* pada gudang dengan mempertimbangkan berbagai batasan operasional. *Linear interger programming* dan algoritma heuristik berbasis *branch and bound* digunakan peneliti dalam paper tersebut. Fumi *et al.* (2013) mengubah *Storage Location Assignment Problem* (SLAP) menjadi *Vertex Coloring Problem* (VCL) untuk melakukan pengurangan kebutuhan ruang secara keseluruhan pada gudang.

PT X merupakan perusahaan *consumer goods* yang terletak di Kawasan Industri Rungkut, Surabaya. PT X memiliki 3 pabrik yaitu Pabrik A, Pabrik B, dan Pabrik C. Pabrik A memproduksi produk *personal care* seperti pasta gigi, deodorant, dan *mouth wash*. Pada pabrik A, rantai produksi atau yang disebut dengan *substore* terhubung langsung dengan gudang *raw material* dan gudang *dispensing*. Gudang *dispensing* merupakan gudang persiapan dimana *raw material* disimpan sebelum dikirimkan ke *substore* untuk dilakukan proses produksi. Gudang *dispensing* tersebut menyimpan sejumlah *raw material* sesuai dengan pesanan dari *substore*. Selain menyimpan *raw material* siap proses, gudang *dispensing* juga menyimpan *raw material* sisa yang tidak terpakai pada proses produksi. Sementara gudang *raw material* menyimpan semua jenis *raw material* yang umumnya berupa bubuk dan bahan kimia cair.

Penelitian tugas akhir ini difokuskan pada gudang *raw material* bahan kimia pabrik A yang terdiri dari dua gudang, yaitu gudang *section 1* dan gudang *section 2*. Gudang *section 1* digunakan untuk menyimpan *raw material* bubuk (*bulk*) yang disimpan dalam kantong/sak berbagai jenis ukuran satuan berat. Gudang *section 2* digunakan untuk menyimpan *raw material* cair (*liquid*) yang disimpan dalam drum berbagai ukuran satuan liter.

Pada beberapa waktu kedepan, pengelola gudang berencana mengadakan *re-layout* gudang akibat adanya beberapa penyesuaian tertentu. Hal ini akan berdampak pada perubahan tata letak rak gudang *raw material* dan adanya pengurangan/penambahan kapasitas gudang *raw material*. Berikut merupakan perbandingan perubahan kapasitas yang terjadi pada gudang *raw material* pabrik A.

Tabel 1.1 Perbandingan Kapasitas Sebelum dan Sesudah *Re-Layout*

Jenis Gudang	Kapasitas Sebelum <i>Re-Layout</i> (<i>pallet position</i>)	Kapasitas Sesudah <i>Re-Layout</i> (<i>pallet position</i>)
Gudang <i>Raw Material Section 1</i>	440	504
Gudang <i>Raw Material Section 2</i>	1012	900

Berdasarkan tabel 1.1 ditunjukkan bahwa terjadi penambahan kapasitas *pallet position* pada gudang *section 1*, sedangkan gudang *section 2* terjadi

pengurangan kapasitas. Perubahan kapasitas dan tata letak rak yang terjadi tersebut akan berpengaruh terhadap kebijakan *storage assignment* dan kebijakan *order-picking* yang diterapkan pengelola gudang. Sehingga berdasarkan kondisi tersebut, manajer gudang *raw material* pabrik A berencana untuk membuat *storage assignment* baru berdasarkan *layout* akhir gudang. Kebijakan *storage assignment* tersebut yaitu dengan mempertimbangkan efisiensi aktivitas *order-picking* pada gudang *raw material section 1* maupun *section 2*.

Penentuan *storage assignment* pada gudang *raw material* pabrik A merupakan sebuah permasalahan yang kompleks. Kompleksitas ini disebabkan oleh banyaknya data seperti jumlah *raw material* dan jumlah lokasi penyimpanan (*pallet position*) dalam gudang. Sehingga penentuan keputusannya cukup lama. Pada penelitian tugas akhir ini metode *linear programming* digunakan untuk menentukan lokasi penyimpanan *raw material*. Metode *linear programming* digunakan karena pada permasalahan *storage assignment* ini tidak ada ketergantungan antar variabel keputusan nya. Selain itu, meskipun termasuk permasalahan yang kompleks, namun kondisi-kondisi permasalahan yang ada masih dapat dimodel kan secara matematis.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan *storage assignment* yang optimal untuk mengefisiensi aktivitas *order-picking* yang terjadi pada gudang *raw material* PT X.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Membuat model optimasi penentuan lokasi penyimpanan *raw material* pada gudang PT X dengan menggunakan *linear programming*.
2. Memberikan alternatif saran penentuan lokasi penyimpanan *raw material* pada gudang PT X.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk mendapatkan solusi *storage assignment* yang sesuai pada gudang *raw material* PT X dengan memperhatikan efisiensi aktivitas *order-picking* yang terjadi.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada penelitian ini merupakan batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini. Berikut adalah batasan dan asumsi yang digunakan :

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Objek penelitian dilakukan di gudang *raw material* unit *Personal Care* PT X pabrik Rungkut.
2. Data yang digunakan yaitu dari bulan April 2015 hingga Desember 2015.
3. Kapasitas tiap palet maksimum adalah 1000 kg (1 ton).
4. Aktivitas yang diteliti hanya sebatas *order-picking*.

1.5.2 Asumsi

Asumsi penelitian tugas akhir yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Tidak ada *raw material* yang kembali ke gudang *raw material* setelah terkirim ke gudang *dispensing*.
2. Permintaan *raw material* dari gudang *dispensing* selalu dalam satuan palet.
3. Gudang *section* 1 dan 2 hanya digunakan untuk menyimpan *raw material* pabrik A.
4. Waktu tempuh dari tiap rak ke pintu keluar telah diakomodasi oleh jarak tempuh nya.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan berisi tentang penjabaran secara deskriptif langkah-langkah kepenulisan dalam penelitian yang dilakukan. Berikut adalah sistematika penulisan yang digunakan :

BAB 1 PENDAHULUAN

Pendahuluan berisikan latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup yang mencakup barasan dan asumsi, serta sistematika kepenulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka berisi teori-teori dan metode yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini. Teori-teori tersebut bersumber dari studi berbagai literatur yang dilakukan oleh penulis.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan langkah/tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian ini yang berawal dari identifikasi/perumusan masalah hingga penarikan kesimpulan dan saran. Metodologi penelitian bertujuan untuk memberikan arah bagi penulis agar penelitian yang dilakukan teratur dan sistematis.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisikan pengumpulan data terkait yang dibutuhkan dalam penelitian tugas akhir ini. Selain itu pada bab ini dilakukan pula pengolahan data-data tersebut untuk kemudian dilakukan analisis berdasarkan hasil pengolahan tersebut pada bab selanjutnya.

BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Setelah pada bab sebelumnya dilakukan pengolahan data, kemudian pada bab ini dilakukan analisis dan pembahasan berdasarkan hasil pengolahan data tersebut.

BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan dari hasil analisis dan pembahasan yang disesuaikan dengan tujuan dari penelitian. Selain itu diberikan saran berdasarkan hasil penelitian untuk objek amatan dan saran terhadap penelitian sejenis kedepan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan tentang teori dan metode dalam penelitian yang berasal dari referensi yang diperoleh yang akan digunakan sebagai landasan pada penelitian tugas akhir ini.

2.1 Gudang

Warehouse atau gudang merupakan bagian penunjang kesuksesan dari aktivitas logistik dan rantai pasok (*supply chain*) bagi suatu perusahaan. Sebuah perusahaan umumnya menggunakan gudang sebagai fasilitas penyimpanan untuk beberapa alasan dasar seperti, mengurangi biaya transportasi dan produksi, mengkoordinasikan *supply* dan *demand*, membantu proses produksi, dan pertimbangan marketing. Sistem penyimpanan yang terdapat pada gudang dapat dibagi menjadi dua fungsi penting yaitu (Ballou, 2004) :

1. Fungsi Penyimpanan. Gudang di desain untuk beberapa fungsi primer diantaranya *holding*, *consolidation*, *break-bulk*, dan *mixing*.
2. Fungsi *Material Handling*. *Material handling* pada suatu sistem penyimpanan mereduksi beberapa aktivitas yaitu, *loading and unloading*, pemindahan barang ke dan dari tempat penyimpanan, serta *order filling*.

Selain kedua fungsi diatas, gudang juga memiliki fungsi lain diantaranya (Kulweic, 1980) :

1. Menyediakan penyimpanan barang sementara. Untuk mencapai skala ekonomi pada produksi, transportasi, dan penanganan barang, dibutuhkan penyimpanan barang pada gudang dan mendistribusikannya ketika terjadi permintaan.
2. Tempat menyimpan berbagai pesanan pelanggan. Beberapa perusahaan menjadikan gudang sebagai tempat menerima pesanan dalam jumlah besar dari berbagai sumber.
3. Menjadi fasilitas *customer service*. Karena gudang mengirimkan barang ke pelanggan, yang mana kontak langsung dengan barang terjadi, gudang juga dapat melayani pelanggan sebagai fasilitas *customer service* dan

menangani penggantian barang yang rusak atau salah, mengadakan survey market, dan menyediakan *after-sales service*.

4. Melindungi barang. Umumnya gudang secara khusus dilengkapi dengan sistem keamanan dan keselamatan yang canggih. Hal ini berguna untuk melindungi barang yang disimpan dari pencurian, kebakaran, banjir, dan masalah cuaca lainnya.
5. Memisahkan material yang berbahaya dan terkontaminasi. Kode keamanan tidak mengizinkan penyimpanan material berbahaya dekat dengan pabrik. Karena tidak ada proses manufaktur yang dilakukan di gudang, sehingga menjadi tempat yang ideal untuk memisahkan dan menyimpan material yang berbahaya dan terkontaminasi.
6. Melakukan aktivitas nilai tambah (*value added*). Banyak gudang yang secara rutin melakukan beberapa aktivitas nilai tambah seperti pengemasan barang, mempersiapkan pesanan sesuai persyaratan yang diminta pelanggan, melakukan inspeksi terhadap material atau produk, pengetesan produk untuk memastikan produk tersebut berfungsi dan sesuai dengan hukum lokal yang berlaku, hingga proses perakitan.
7. Persediaan. Karena sulit untuk melakukan peramalan permintaan produk secara akurat, sehingga pada banyak aktivitas bisnis penting untuk memiliki persediaan dan stok pengaman untuk mengantisipasi ketika terjadi permintaan yang besar.

Berdasarkan kepemilikannya, gudang dibagi menjadi 3 jenis kepemilikan yaitu, *company-owned warehouse*, *public warehouse*, dan *leased warehouse space* (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004). *Company-owned warehouse* terdiri dari berbagai macam tipe yang pada umumnya disesuaikan dengan kebutuhan dari perusahaan. Sedangkan *public warehouse* lebih terstandar pada konfigurasi nya dan menggunakan peralatan multifungsi. *Public warehouse* dapat diklasifikasikan menjadi (Ballou, 2004) :

1. Gudang komoditi (*commodity warehouse*). Gudang tersebut hanya menyimpan barang-barang komoditas tertentu seperti tembakau, kapas, gandum, dan produk lain yang mudah rusak.

2. Gudang penyimpanan massal (*bulk storage warehouse*). Pada beberapa gudang menawarkan penyimpanan produk dalam jumlah besar seperti, cairan kimia, minyak, sirup, dan lain-lain.
3. Gudang temperatur terkontrol (*temerature-controlled warehouse*). Gudang tersebut mengintril penyimpanan pada kondisi lingkungan tertentu. Produk-produk yang disimpan seperti buah-buahan, sayuran, makanan beku, obat-obatan.
4. Gudang barang peralatan rumah tangga (*household goods wrehouse*). Gudang ini menangani penyimpanan dan pemindahan barang-barang furnitur rumah tangga. Pada umumnya pengguna gudang adalah perusahaan-perusahaan furnitur.
5. Gudang penyimpanan barang umum (*general menchandise warehouse*). Gudang ini merupakan gudang tipe paling umum dan menyimpan berbagai macam barang tanpa spesifikasi penyimpanan tertentu.
6. Gudang mini (*miniwarehouse*). Gudang kecil ini berukuran 20 hingga 200 kaki persegi dan umumnya berkelompok pada suatu klaster.

2.2 Media Penyimpanan

Penggunaan media penyimpanan memiliki keuntungan utama yaitu untuk memaksimalkan ulitisasi ruang pada gudang (Heragu, 2008). Pemilihan media penyimpanan dipengaruhi oleh karakteristik barang yang disimpan dan rata-rata jumlah item dari produk pada pesanan pelanggan (Ghiani, Laporte, & Musmanno, 2004). Menurut Heragu (2008) terdapat beberapa jenis media penyimpanan yang terdiri dari :

1. *Stacking frames*. Desain dari rak ini adalah *portable rack* yang memiliki struktur tubular vertikal dan horizontal sehingga memungkinkan palet, boks, atau karton untuk dimuat secara horizontal. Jika ditinjau dari penggunaannya, media penyimpanan ini sangat memanfaatkan ruang vertikal pada area penyimpanan.
2. *Cantilever racks*. Jenis rak ini biasa digunakan untuk menyimpan barang-barang berbentuk panjang seperti kayu, pipa, tabung, dan lain-lain.

Cantilever racks merupakan media penyimpanan yang fleksibel karena termasuk media penyimpanan vertikal.

3. *Selective racks*. Rak ini memiliki bentuk tiang vertikal dengan sepasang rangka horizontal pada tiap tingkat dan rangka melintang dari sudut ke sudut sebagai penyeimbangnya. Panjang dari tiap *bay* pada rak ini tergantung dari panjang rangka horizontal nya. Tipe rak ini disebut *selective* karena bentuknya memungkinkan tiap pemuatan mudah untuk dilakukan (*accessible*).
4. *Flow racks*. Rak tipe ini dikenal dalam sistem penyimpanan dengan jenis *item-to-person* yaitu tipe rak yang mana ketika proses *picking* yang terjadi adalah produk yang mendekati *picker* pada titik pengumpul tertentu.
5. *Racks for AS/RS*. Tipe rak ini merupakan rak yang terdiri dari lorong-lorong penyimpanan yang tiap lorong tersebut dilayani oleh mesin untuk menyimpan dan memungut barang (*S/R machine*). Tiap lorong ditunjang oleh *pick-up* dan *delivery station* yang lazimnya terletak diujung tiap lorong dan dapat diakses oleh *S/R machine* dan sistem *handling* eksternal.

2.3 Kebijakan Penyimpanan (*Storage Policy*)

Terdapat lima jenis kebijakan penyimpanan yang umum diterapkan pada sistem penyimpanan yaitu terdiri dari (Heragu, 2008):

1. *Random storage policy*. Pada jenis kebijakan ini barang yang datang disimpan pada lokasi manapun yang tersedia. Bila terdapat lebih dari satu lokasi yang tersedia, pada praktiknya barang tersebut akan diletakkan pada lokasi yang terdekat.
2. *Dedicated policy*. Barang yang disimpan pada sistem kebijakan jenis ini telah memiliki area penyimpanannya masing-masing yang sebelumnya telah ditentukan berdasarkan tipe dan ukuran barang yang akan disimpan tersebut.
3. *Cube-per-order index (COI) policy*. Jenis kebijakan ini pertama kali dikenalkan oleh Heskett (1964). COI untuk sebuah item didefinisikan sebagai rasio kebutuhan area penyimpanan dengan jumlah transaksi S/R untuk item tersebut.

4. *Class-based storage policy*. Pada kebijakan ini barang diklasifikasikan menjadi tiga kelas A, B, dan C. Yaitu mencakup antara 0 hingga 5% dari total aktivitas S/R termasuk dalam kelas C, antara 5 hingga 20% dari total aktivitas S/R yang termasuk dalam kelas B, dan sisanya masuk dalam kelas A.

Selain beberapa jenis diatas, Sooksaksun & Kachitvicianukul (2009) mengemukakan terdapat dua jenis kebijakan penyimpanan lainnya, yaitu :

1. *Closest-open location storage*. Sistem penyimpanan yang mana produk yang masuk akan ditempatkan pada lokasi terdekat yang kosong.
2. *Full turnover storage policies*. Merupakan sistem penyimpanan yang mana produk dengan tingkat penjualan yang tinggi ditempatkan pada lokasi yang paling mudah diakses.

2.4 Material Handling

Material handling didefinisikan sebagai pergerakan material ke, melalui, dan dari proses produktif; di pergudangan dan tempat penyimpanan; dan di area *receiving* dan *shipping* (Frazelle, 1992). Tompkins *et al.* (2003) mendefinisikan *material handling* sebagai “*activity that uses the right method to provide the right amount of the right material at the right place, at the right time, in the right sequence, in the right position and at the right cost*”. Sebuah sistem *material handling* pada proses manufaktur memiliki fungsi utama untuk memindahkan material/*part* antar berbagai tahapan dari proses (Heragu, 2008). Demikian juga yang terjadi pada sistem penyimpanan/pergudangan, yaitu memindahkan material atau barang antar area penerimaan, penyimpanan, atau pengiriman.

Menurut Waters (2003) terdapat tiga jenis gudang berdasarkan sistem *material handling* nya yaitu :

1. *Manual Warehouse*

Jenis gudang ini operasi *material handling* nya secara keseluruhan dikendalikan oleh operator secara manual. Alat bantu untuk memindahkan barang tetap digunakan, akan tetapi operator tetap memegang kendali atas seluruh proses penggunaan alat tersebut. Pada umumnya jenis gudang ini menyimpan barang-barang yang berdimensi kecil dan ringan untuk dibawa

oleh operator. Selain itu rak penyimpanan tidak terlalu tinggi agar mudah dicapai oleh operator serta jarak antar rak berdekatan untuk memudahkan pengambilan manual oleh operator.

2. *Mechanized Warehouse*

Gudang ini secara umum jenisnya sama dengan gudang manual, akan tetapi proses penempatan dan pengambilan selalu menggunakan alat bantu mesin.

3. *Automated Warehouse*

Gudang jenis ini memiliki biaya operasi yang lebih rendah diantara kedua jenis diatas karena seluruh proses nya dilakukan secara otomatis oleh mesin. Tetapi biaya investasi yang dikeluarkan cukup tinggi karena membutuhkan teknologi yang lebih canggih.

Menurut Heragu (2008) terdapat tujuh tipe dasar dari *Material Handling Devices* (MHD) yang diklasifikasikan sebagai berikut :

1. *Conveyor*. *Conveyor* merupakan tipe MHD yang letaknya tetap/tidak berubah. Artinya *conveyor* digunakan hanya ketika *part* atau material bevolume besar akan dipindahkan. Selain itu *conveyor* juga lebih baik digunakan ketika material yang akan dipindahkan memiliki bentuk dan ukuran yang sama.
2. *Palletizer*. *Palletizer* adalah peralatan otomatis berkecepatan tinggi yang digunakan untuk menata muatan dalam palet-palet yang berasal dari lini perakitan atau produksi.
3. *Pallet Lifting Devices*. Alat ini digunakan untuk *loading* atau *unloading* palet dari alat pengangkut palet atau menaikkan dan menurunkan kotak pada ketinggian yang diinginkan.
4. *Truck*. Alat ini merupakan alat pengangkut yang banyak digunakan pada fasilitas manufaktur dan pergudangan. Keuntungan dari jenis MHD ini adalah tidak diperlukan jalur perpindahan yang tetap (*fixed path*). Selain itu alat tersebut juga berguna untuk memindahkan muatan dengan berbagai ukuran, berat, dan bentuk. Macam-macam jenis alat ini terdapat lebih dari 20 tipe, beberapa diantaranya adalah :
 - *Hand truck*

- *Forklift truck*
 - *Pallet truck*
 - *Platform truck*
 - *Counterbalanced truck*
 - *Tractor-trailer truck*
 - *AGVs*
5. *Robot*. Robot merupakan alat terprogram yang menyerupai lengan manusia. Alat ini mampu memindahkan barang seperti lengan manusia dan mampu menunjukkan fungsi seperti mengambil dan menaruh maupun *loading* dan *unloading*. Beberapa tipe robot diantaranya adalah :
- *Point-to-point robots*
 - *Contouring or continuous-path robots*
 - *Walkthrough or teach robots*
 - *Leadthrough or teach pendant robots*
 - *Hydraulic robots*
 - *Servo-controlled robots*
6. *Automated Guided Vehicle (AGV)*. AGV merupakan alat *material handling* yang dapat bergerak dari suatu titik ke titik lainnya secara otomatis.
7. *Hoists, Cranes, and Jibs*. *Hoists* merupakan alat yang memindahkan material dengan arah vertikal. Sedangkan *cranes* merupakan alat yang memindahkan material dengan arah horizontal. *Jibs* merupakan alat sejenis *crane* namun mampu berputar ke segala arah yang mana diameternya merupakan panjang dari lengannya.

2.5 Operasi Gudang

Selain sebagai tempat penyimpanan, pada umumnya gudang juga melakukan fungsi reorganisasi dan pengemasan ulang barang/produk. Barang yang datang ke gudang biasanya berskala besar dan kemudian akan meninggalkan gudang dalam skala yang lebih kecil. Artinya terdapat aktivitas tambahan sebelum barang tersebut dikirimkan, seperti pengemasan. Meskipun tidak semua gudang

melakukan aktivitas yang demikian, namun pada umumnya aliran barang yang terjadi sama. Reorganisasi barang/produk pada gudang melalui beberapa proses fisik seperti (Bartholdi & Hackman, 2014) :

❖ Proses *Inbound*

– *Receiving*

Receiving diawali dengan adanya pemberitahuan kedatangan barang. Hal ini membuat gudang dapat menjadwalkan penerimaan dan *unloading* untuk secara efisien dikoordinasikan dengan aktivitas lain dalam gudang. Setelah barang tiba dan *unloading* selesai dilakukan, kemudian barang tersebut akan masuk ke proses *put away*. Umumnya, *receiving* menyumbang sekitar 10% biaya operasi pada gudang sejenis *distribution center*. Namun dengan pengaplikasian sistem RFID dapat berdampak pada pengurangan biaya tersebut.

– *Put-Away*

Sebelum dilakukan *put-away* pada barang/produk, terlebih dahulu ditentukan lokasi yang cocok untuk penyimpanan. Hal tersebut penting karena akan mempengaruhi kecepatan dan biaya yang dikeluarkan ketika dilakukan *order-picking*. Ketika *put-away* dilakukan, lokasi penyimpanan juga harus direkam untuk memastikan dimana barang tersebut ditempatkan. Informasi ini akan digunakan untuk menentukan daftar pengambilan barang (*pick-list*) yang efisien untuk membantu kelancaran proses *order-picking*. *Put-away* biasanya menyumbang sebanyak 15% biaya operasi gudang.

– *Order-picking*

Pada penerimaan pesanan, gudang harus melakukan pengecekan terlebih dahulu untuk memastikan persediaan tersedia untuk pengiriman. Selanjutnya gudang harus mengeluarkan daftar pengambilan barang sebagai petunjuk pada *order-picking*. Sebelum pengiriman dilakukan, dokumen pengiriman yang diperlukan harus

dikeluarkan serta dilakukan penjadwalan *order-picking* dan pengiriman. *Order-picking* membutuhkan 55% dari total biaya operasi gudang, dan dapat dipecah seperti dibawah ini.

Tabel 2.1. Persentase Waktu pada *Order-Picking*

<i>Activity</i>	<i>% Order-Picking Time</i>
<i>Traveling</i>	55%
<i>Searching</i>	15%
<i>Extracting</i>	10%
<i>Paperwork and other activities</i>	20%

Sumber : Bartholdi & Hackman, 2014

– *Checking & Packing*

Packing bisa jadi tidak diterapkan pada jenis-jenis gudang tertentu karena barang/produk yang disimpan sudah berada dalam keadaan siap kirim. Namun pada beberapa gudang *packing* dapat menjadi aktivitas yang membutuhkan tenaga lebih karena tiap pesanan pelanggan harus ditangani (pengepakan/pengemasan). Karena tiap pesanan harus ditangani, sehingga hal ini merupakan waktu yang tepat pula untuk melakukan pengecekan apakah pesanan tersebut lengkap dan tepat. Ketepatan pesanan merupakan kunci untuk mengukur pelayanan pada pelanggan.

– *Shipping*

Shipping umumnya menangani jumlah unit yang lebih besar bila dibanding *picking*. Hal ini dikarenakan dengan adanya *packing* maka telah mengkonsolidasikan tiap item menjadi palet-palet atau kotak-kotak.

2.6 *Storage Assignment*

Storage assignment merupakan penentuan pengalokasian ruang/rak pada gudang untuk digunakan sebagai tempat penyimpanan material atau barang.

Kebijakan *storage assignment* yang tepat akan menentukan performansi dari aktivitas *order-picking* yang dilakukan dalam gudang (Ene & Öztürk, 2012). Beberapa faktor yang mempengaruhi *storage assignment* yaitu, metode *order-picking*, ukuran dan *layout* sistem penyimpanan, sistem *material handling*, karakteristik produk, tren permintaan, rata-rata *turnover*, dan kebutuhan ruangan (Chan & Chan, 2011).

Kategori dalam *storage assignment policy* dijelaskan pada subbab 2.3 yang terdiri dari *random storage*, *dedicated storage*, dan *class-based storage*. *Random storage* memiliki keuntungan pada utilisasi area pada tempat penyimpanan. Kebijakan ini mampu memaksimalkan tiap area penyimpanan yang tersedia. *Dedicated storage* mempermudah aktivitas *order-picking* karena telah ditentukan lokasi khusus untuk menyimpan tiap item. Namun, kebijakan ini tidak mampu memaksimalkan utilisasi area penyimpanan. *Class-based storage* memiliki keuntungan bagi produk *fast moving* untuk disimpan pada area yang berdekatan dengan pintu keluar/depot.

Model matematis penyelesaian dari permasalahan *storage assignment* telah dibahas oleh beberapa peneliti dengan mempertimbangkan berbagai asumsi dan batasan. Pada penelitian tugas akhir ini, penulis akan mengadaptasi model matematis yang dibangun oleh Sanei *et al.* (2011) seperti berikut.

$$\text{Min } Z = \text{Cost}_{\text{flow}} + \text{Cost}_{\text{penalty}} \quad (1)$$

$$\text{Cost}_{\text{flow}} = \sum_{j=1}^k t_j \sum_{i=1}^m f_i y_{i,j} \quad (2)$$

$$\text{Cost}_{\text{penalty}} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^m [c_1 p_{i,j}^1 + c_2 p_{i,j}^2 + c_3 p_{i,j}^3 + c_4 p_{i,j}^4] \quad (3)$$

St :

$$\sum_{j=1}^k y_{i,j} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^m s_i y_{i,j} \leq \text{Cap}_j \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

$$y_{i,j} \leq x_{i,j} \leq M y_{i,j} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ \& } j = 1, 2, \dots, k \quad (6)$$

$$x_{i,j} + x_{i,j+1} = 1 + p_{i,j}^1 \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ \& } j \in T_1 \quad (7)$$

$$x_{i,j} + x_{i,j+4} = 1 + p_{i,j}^2 \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ \& } j \in T_2 \quad (8)$$

$$x_{i,j} + x_{i,j+4} = 1 + p_{i,j}^3 \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ \& } j \in T_3 \quad (9)$$

$$\sum_{j=1}^k x_{i,j} \geq 2(1 - p_{i,j}^5) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

$$\sum_{j=1}^k x_{i,j} \leq 1 + M(1 - p_{i,j}^5) \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (11)$$

$$p_{i,j}^1 + p_{i,j}^2 + p_{i,j}^3 + p_{i,j}^4 + p_{i,j}^5 \geq 1 \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ \& } j = 1, 2, \dots, k \quad (12)$$

$$x_{i,j} \in (0,1) \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ \& } j = 1, 2, \dots, k \quad (13)$$

$$p_{i,j}^1, p_{i,j}^2, p_{i,j}^3, p_{i,j}^4, p_{i,j}^5 \in (0,1) \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ \& } j = 1, 2, \dots, k \quad (14)$$

$$y_{i,j} \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ \& } j = 1, 2, \dots, k \quad (15)$$

Parameter :

i : index produk $i = 1, 2, \dots, m$

j : index lokasi $j = 1, 2, \dots, k$

T_1 : set of adjacent neighbor index $T_1 = \{1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 11, \dots\}$

T_2 : set of opposite neighbor index $T_2 = \{1, 2, 3, 7, 8, 9, 13, 14, \dots\}$

T_3 : set of opposite neighbor index $T_3 = \{4, 5, 6, 10, 11, 12, 16, 17, \dots\}$

f_i : frekuensi aliran produk i dalam sehari

t_j : jarak antara lokasi penyimpanan j dengan pintu keluar

Cap_j : Kapasitas lokasi penyimpanan j

s_i : jumlah kapasitas palet produk i

c_1 : penalty cost of storing product in adjacent neighbor location

c_2 : penalty cost of storing product in opposite neighbor location

c_3 : penalty cost of storing product in backside neighbor location

c_4 : penalty cost of storing product in non adjacent neighbor location

Variabel Keputusan :

$y_{i,j}$: rasio produk i yang terletak di lokasi j

$x_{i,j} \begin{cases} 1 & \text{jika palet produk } i \text{ ditempatkan pada lokasi } j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

$p_{i,j}^1 \begin{cases} 1 & \text{jika palet produk } i \text{ ditempatkan pada lokasi yang berdekatan dengan } j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

$p_{i,j}^2 \begin{cases} 1 & \text{jika palet produk } i \text{ ditempatkan pada lokasi yang berlawanan dengan } j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

$p_{i,j}^3 \begin{cases} 1 & \text{jika palet produk } i \text{ ditempatkan pada lokasi di belakang } j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

$p_{i,j}^4 \begin{cases} 1 & \text{jika palet produk } i \text{ ditempatkan pada lokasi yang tidak berdekatan dengan } j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

$p_{i,j}^5 \begin{cases} 1 & \text{jika palet produk } i \text{ hanya ditempatkan pada lokasi } j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

Fungsi tujuan (1) meminimasi jumlah transportasi yang terjadi dan penalti karena adanya persebaran produk yang disimpan pada lokasi yang berbeda-beda. Persamaan (4) mengindikasikan semua palet dari masing-masing produk dialokasikan pada sebuah lokasi. Persamaan (5) merupakan batasan kapasitas untuk tiap lokasi penyimpanan. Persamaan (6) merupakan pengaturan akurat untuk variabel $x_{i,j}$. Persamaan (7) hingga (11) adalah pengaturan variabel keputusan yang berhubungan dengan tipe kedekatan. Persamaan (12) memastikan tiap produk dialokasikan pada satu lokasi atau minimal satu tipe kedekatan terjadi.

2.7 Layout Fasilitas

Fasilitas merupakan sebuah entitas yang mempermudah sebuah performansi dari suatu pekerjaan. Hal itu dapat berupa perkakas mesin, *work centre*, sel manufaktur, departemen, gudang, dan lain-lain (Heragu, 2008). *Layout* fasilitas merupakan penataan segala yang dibutuhkan untuk menunjang produksi maupun pemberian layanan. Permasalahan penempatan fasilitas pada area produksi, atau diistilahkan sebagai *facility layout problem*, memiliki pengaruh yang signifikan pada biaya manufaktur, *work in process*, *lead time*, dan produktivitas. Penempatan fasilitas yang baik dapat mengefisiensi operasi secara keseluruhan dan mereduksi 50% biaya operasi (Drira, Pierreval, & Hajri-Gabouj, 2007).

Drira *et al.* (2007) dalam papernya mengungkapkan beberapa faktor yang mempengaruhi perbedaan dari tiap permasalahan *layout* yaitu, variasi dan volume produk, bentuk dan dimensi fasilitas, sistem *material handling*, *multi-floor layout*, *backtracking* dan *backpassing*, serta lokasi *pick-up* dan *drop-off*. Salah satu penyelesaian dari permasalahan *layout* yaitu dengan melakukan *re-layout* fasilitas. Umumnya tujuan dari *re-layout* fasilitas adalah untuk meminimasi biaya *material handling* antar fasilitas. Pada beberapa kasus, *re-layout* dapat diakibatkan oleh adanya pengurangan atau penambahan fasilitas. Namun dengan adanya perubahan tersebut, biaya *material handling* selalu menjadi pertimbangan untuk tiap rencana *re-layout*.

2.8 *Linear Programming*

Linear programming merupakan metode matematik dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai suatu tujuan seperti memaksimumkan keuntungann dan meminimumkan biaya (Siringoringo, 2005). *Linear programming* banyak diterapkan dalam masalah ekonomi, industri, militer, sosial, dan lain-lain. *Linear programming* berkaitan dengan penjelasan suatu kasus dalam dunia nyata sebagai suatu model matematik yang terdiri dari sebuah fungsi tujuan linier dengan beberapa kendala linier.

Karakteristik yang biasa digunakan dalam persoalan *linear programming* adalah sebagai berikut (Siringoringo, 2005) :

1. Sifat linearitas suatu kasus dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa cara, yaitu secara statistik dan secara teknis.
2. Sifat proporsionalitas dipenuhi jika kontribusi setiap variabel pada fungsi tujuan atau penggunaan sumber daya yang membatasi proporsional terhadap *level* nilai variabel.
3. Sifat additivitas mengasumsikan bahwa tidak ada bentuk perkalian silang diantara berbagai aktivitas, sehingga tidak akan ditemukan bentuk perkalian silang pada model. Sifat additivitas berlaku baik bagi fungsi perkalian maupun pembatas.
4. Sifat divisibilitas berarti unit aktivitas dapat dibagi ke dalam sembarang *level* fraksional, sehingga nilai variabel keputusan non integer dimungkinkan.
5. Sifat kepastian menunjukkan bahwa semua parameter model berupa konstanta. Artinya koefisien fungsi tujuan maupun fungsi pembatas merupakan suatu nilai pasti, bukan merupakan nilai dengan peluang tertentu.

2.9 *Literature Review*

Pada subbab ini akan disajikan *review* dari penelitian-penelitian sejenis terutama yang membahas tentang *storage assignment problem* ataupun alokasi barang pada gudang. Berikut merupakan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini.

Tabel 2.2 *Literatur Review Penelitian*

No	Penelitian	Metode	Fungsi Tujuan
1.	(Chan & Chan, 2011) <i>Improving Porductivity of Order Picking of a Manual-Pick and Multi-Level Rack Distrobution Warehouse Through the Implementation of Class-Based Storage</i>	Simulasi ARENA	Pengukuran performansi pada jarak tempuh dan waktu pengambilan permintaan
2.	(Sanei, Nasiri, Marjani, & Husseini, 2011) <i>A Heuristic Algorithm for The Warehouse Space Assignment Problem Considering Operational Constraints: With Application in A Case Study</i>	<i>Linear integer programming dan branch and bound heuristic algorithm</i>	Minimasi jarak penyimpanan dan penalti penyimpanan
3.	(Rachmawati, 2011) Perancangan Ulang Sistem Alokasi Bay dalam Gudang dengan Mempertimbangkan <i>Throughput</i> Produk (Studi Kasus: PT. Petrokimia Gresik)	<i>Linear Programming</i>	Minimasi jarak bay dengan dock
4.	(Ad Dani, 2014) Optimasi Tata Letak Semi Dinamis <i>Raw Material Fast Moving</i> pada Gudang dengan Pendekatan Matematis	<i>Integer Programming</i>	Minimasi jarak rak penyimpanan dengan pintu keluar
5.	(Fumi, Scarabotti, & Massimiliano, 2013) <i>Minimizing Warehouse Space with Dedicated Storage Policy</i>	<i>Integer Programming</i>	Minimasi total jumlah slot yang dapat digunakan untuk

			mengalokasikan sejumlah n code (SKU)
--	--	--	--

Berdasarkan *literatur review* pada tabel 2.2 diatas, ditunjukkan bahwa pemodelan *storage assignment problem* telah banyak dikembangkan oleh peneliti-peneliti terdahulu. Perbedaan dari tiap model tersebut adalah aplikasi pada studi kasus tiap permasalahan *storage assignment*. Model yang digunakan penulis dalam penelitian ini mengadopsi model matematis yang dikembangkan oleh Sanei *et al.* (2011) dengan beberapa penyesuaian pada model tersebut.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3

METODE PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan tentang tahapan-tahapan yang digunakan dalam penelitian. Tahapan-tahapan tersebut disesuaikan dengan sistematika penelitian, sehingga proses penelitian yang dilakukan jelas, teratur, terarah dan berdasarkan kaidah-kaidah yang berlaku.

3.1 Tahap Awal dan Persiapan

Tahapan ini mencakup identifikasi permasalahan yang terjadi, merumuskan masalah berdasarkan identifikasi tersebut, pencarian studi literatur terkait permasalahan, dan melakukan peninjauan langsung di perusahaan amatan.

3.1.1 Identifikasi Permasalahan

Pada tahapan ini dilakukan identifikasi permasalahan yang terjadi di perusahaan amatan dan kemudian dilakukan perumusan masalah berdasarkan identifikasi yang telah dilakukan. Identifikasi permasalahan dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung serta wawancara dengan manajer gudang terkait kondisi eksisting dan permasalahan yang dihadapi pada gudang *raw material* PT. X. Adapun permasalahan yang ditemui yaitu adanya rencana *re-layout* pada gudang *raw material* sehingga menyebabkan terjadinya perubahan *layout* dan kapasitas pada gudang. Manajer gudang menginginkan adanya *storage assignment* yang baru pada gudang *raw material* berdasarkan rencana *re-layout* tersebut.

3.1.2 Studi Literatur dan Studi Lapangan

Studi literatur merupakan tahapan pencarian literatur atau referensi yang terkait dengan *warehouse management* seperti jenis-jenis gudang, *storage policy*, *storage assignment*, *material handling*, operasi pada gudang, dan lain-lain. Literatur yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini berupa jurnal/paper ilmiah, buku, dan penelitian tugas akhir sejenis sebelumnya. Studi literatur ini penting untuk menentukan dasar teori dan metode yang akan digunakan untuk penyelesaian permasalahan.

Studi lapangan adalah tahap peninjauan langsung yang dilakukan pada gudang *raw material* PT. X. Tujuan dari studi lapangan adalah untuk mengamati secara langsung terkait sistem penyimpanan yang diterapkan pada gudang dan aktivitas *order-picking* yang terjadi. Selain pengamatan secara langsung, juga dilakukan pengumpulan data sekunder yang didapatkan dari perusahaan.

3.2 Pengumpulan Data dan Pembuatan Model

Pada tahapan ini dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan dalam penelitian ini, pembuatan model matematis, dan kemudian validasi dan verifikasi model yang telah dibuat sebelumnya.

3.2.1 Pengumpulan Data

Pada sub bab ini dilakukan pengumpulan data-data terkait yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir ini. Data-data tersebut nantinya dijadikan *input* dalam model matematis yang akan dibangun. Beberapa data tersebut yaitu *layout* eksisting gudang, *layout* rencana gudang, data *raw material* yang disimpan, data permintaan *raw material*, *storage policy* yang diterapkan, dan *material handling devices* yang digunakan.

3.2.2 Pembuatan Model Optimasi *Storage Assignment*

Pada sub bab ini dilakukan pembuatan model optimasi *storage assignment* untuk menentukan lokasi penyimpanan *raw material* yang optimal. Fungsi tujuan pada model yang akan dibuat merupakan minimasi jarak perpindahan *material handling* saat aktivitas *order-picking*. *Input* yang dibutuhkan pada model ini adalah data jarak eksisting tiap rak penyimpanan dari pintu keluar, kapasitas tiap rak, dan frekuensi pengambilan *raw material*. Penyelesaian model tersebut akan menggunakan *software* LINGO 11.0.

Model optimasi *storage assignment* yang akan digunakan mengadaptasi dari model *storage assignment* yang dibangun oleh Sanei *et al.* (2011), namun dengan penyesuaian pada fungsi tujuan dan batasan. Penyesuaian yang dilakukan yaitu dengan menghilangkan fungsi tujuan dan batasan mengenai adanya penalti atas persebaran produk karena disimpan di lokasi yang berbeda-beda. Hal ini

dikarenakan penalti tersebut tidak akan dijadikan pertimbangan. Berikut adalah model optimasi *storage assignment* yang akan digunakan.

$$\text{Min } Z = \left(\sum_{j=1}^k t_j \left(\sum_{i=1}^m f_i y_{i,j} \right) \right) \quad (1)$$

St :

$$\sum_{j=1}^k y_{i,j} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m s_i y_{i,j} \leq \text{Cap}_j \quad \forall j = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

$$y_{i,j} \leq x_{i,j} \leq M y_{i,j} \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \ \& \ \forall j = 1, 2, \dots, k \quad (4)$$

$$x_{i,j} \in (0,1) \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \ \& \ \forall j = 1, 2, \dots, k \quad (5)$$

$$y_{i,j} \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \ \& \ \forall j = 1, 2, \dots, k \quad (6)$$

Dengan :

i : index produk/*raw material* $i = 1, 2, \dots, m$

j : index lokasi/*pallet position* $j = 1, 2, \dots, k$

f_i : frekuensi aliran produk i

t_j : jarak antara lokasi penyimpanan j dengan pintu keluar

s_i : jumlah kapasitas palet produk i

Cap_j : kapasitas simpan tiap rak j

$y_{i,j}$: rasio produk i yang terletak di lokasi j

$x_{i,j} \begin{cases} 1 & \text{jika palet produk } i \text{ ditempatkan pada lokasi } j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$

Fungsi tujuan (1) meminimasi jumlah transportasi yang terjadi pada gudang *raw material*. Persamaan (2) mengindikasikan semua palet dari masing-masing produk dialokasikan pada sebuah lokasi. Persamaan (3) menyatakan jumlah palet produk i yang disimpan pada rak j tidak boleh melebihi kapasitas simpan tiap rak j . Persamaan (4) merupakan pengaturan akurat untuk variabel $x_{i,j}$. Persamaan (5) menyatakan jika palet produk i ditempatkan pada rak j dan persamaan (6) menyatakan rasio palet produk i yang disimpan pada rak j selalu bernilai positif.

Model optimasi *storage assignment* diatas akan digunakan terpisah pada gudang *raw material section 1* dan *section 2*. Hal ini dikarenakan kedua gudang tersebut memiliki jumlah *raw material*, kapasitas simpan, dan jumlah rak yang

berbeda. Sedangkan pada penelitian ini kedua jenis *raw material* tidak dapat dicampur penyimpanannya.

Pada model diatas, fungsi tujuan yang digunakan adalah meminimasi transportasi yang terjadi didalam gudang. Minimasi transportasi dilakukan dengan meminimasi jarak penyimpanan material pada tiap rak dengan pintu keluar. Pada model *storage assignment*, umumnya fungsi tujuan dapat berupa minimasi jarak tempuh dan waktu tempuh. Antara kedua parameter tersebut sebenarnya saling berhubungan, karena dapat saling dikonversikan dari jarak tempuh ke waktu tempuh maupun sebaliknya.

Parameter jarak yang digunakan pada model ini secara tidak langsung dapat mengakomodasi minimasi waktu tempuh. Hal ini dikarenakan material yang volume transportasinya tinggi (frekuensi tinggi) semestinya disimpan di dekat pintu keluar untuk meminimasi waktu pengambilan. Sedangkan semakin dekat dengan pintu keluar, maka artinya jarak nya pun semakin pendek. Hal ini umumnya berlaku untuk pergerakan horizontal saja. Sedangkan untuk pergerakan vertikal perlu ada konversi waktu riil ke dalam ukuran jarak (**lihat subbab 4.2.3.2**).

3.2.3 Pengolahan Data

Sebelum dilakukan eksperimen model optimasi *storage assignment*, terlebih dahulu dilakukan pengolahan data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Langkah-langkah pengolahan data tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Perekapan data *raw material*, frekuensi aliran *raw material*, dan permintaan *raw material*.

Data *raw material* yang diperoleh dari perusahaan berupa nomor id material, jenis material, kuantitas, dan tanggal masuk. Kuantitas tiap jenis material terlebih dahulu diubah dalam ukuran palet. Hal ini disesuaikan dengan kapasitas gudang yang tersedia dalam ukuran *pallet position*. Penyesuaian ukuran palet ini juga dilakukan pada data permintaan *raw material*, karena gudang *raw material* hanya menerima pesanan *raw material* dari gudang *dispensing* dalam ukuran palet. Kemudian dilakukan perekapan jumlah frekuensi aliran pada tiap *raw material*.

2. Klasifikasi *raw material* berdasarkan *fast moving item* dan *slow moving item*.

Setelah dilakukan perekapan frekuensi alir tiap *raw material* kemudian dilakukan klasifikasi berdasarkan *fast moving item* dan *slow moving item*. Klasifikasi ini digunakan untuk memvalidasi hasil akhir dari model optimasi *storage assignment*, yaitu lokasi penyimpanan tiap *raw material*. *Raw material* yang terkategori *fast moving* akan diletakkan pada rak penyimpanan yang dekat dengan pintu keluar. Sedangkan yang terkategori *slow moving* akan diletakkan di rak yang lebih jauh dari pintu keluar.

3. Perhitungan jarak masing-masing rak dengan pintu keluar.

Tiap rak akan dihitung jarak nya dari pintu keluar sebagai *input* dalam model. Terdapat dua jenis jarak yang dihitung, yaitu jarak horizontal dan vertikal. Jarak vertikal akan dihitung dengan mengkonversikan waktu yang dibutuhkan *material handling* untuk melakukan pengambilan *raw material* pada rak level 2 dan seterusnya menjadi dalam ukuran jarak tempuh.

3.3 Running Model dan Penarikan Kesimpulan

Pada sub bab ini dilakukan pengolahan data, eksperimen model dan penentuan solusi, analisis dan intrepetasi hasil eksperimen, serta penarikan kesimpulan akhir dan saran berdasarkan eksperimen tersebut.

3.3.1 Eksperimen Model dan Penentuan Solusi

Eksperimen model matematis dilakukan setelah model matematis tervalidasi dan dilakukan dengan menggunakan *software* LINGO 11. Eksperimen bertujuan untuk mengujicoba model menggunakan *input* data yang telah dikumpulkan dan menentukan solusi optimal. *Output* dari eksperimen ini adalah lokasi penyimpanan *raw material* (*storage assignment*) pada tiap rak dengan total jarak tempuh yang minimum.

3.2.3 Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi dan validasi dilakukan pada model matematis yang dibuat untuk memastikan bahwa model tersebut telah sesuai dengan logika pembangunan model

dan kondisi riil. Verifikasi merupakan pengecekan model matematis yang dibangun apakah sesuai secara logis dan matematis. Sedangkan validasi model yaitu tahap untuk mengecek apakah model tersebut sesuai dengan kondisi permasalahan.

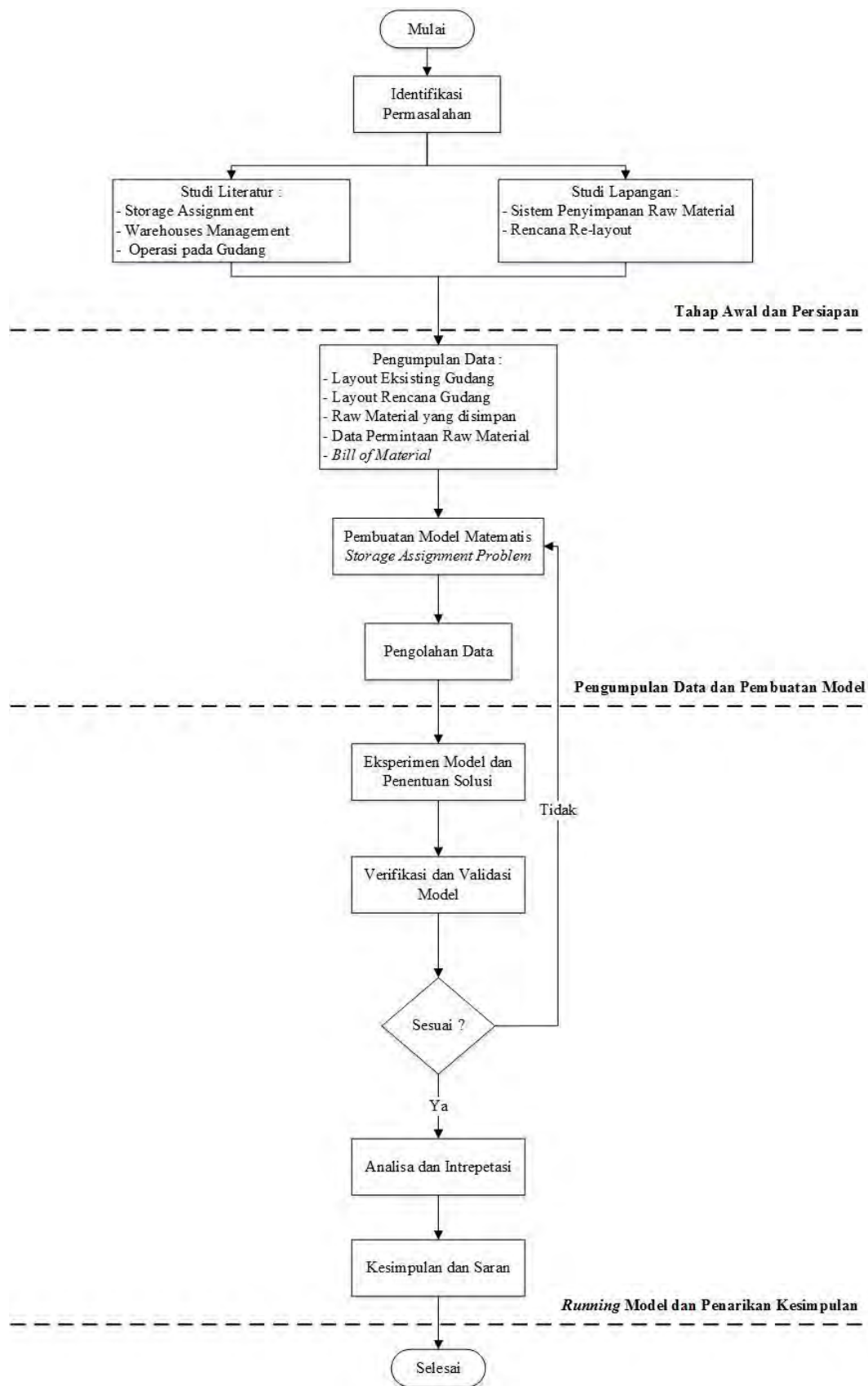
Pada tahap verifikasi akan dilakukan *debug* dari model yang dibangun dalam *software* LINGO 11.0. Sedangkan validasi dilakukan dengan melakukan *running* model menggunakan data sederhana. Apabila model telah terverifikasi dan tervalidasi maka akan dilanjutkan pada tahap selanjutnya. Namun apabila belum maka akan dilakukan evaluasi dari model tersebut.

3.3.3 Analisis dan Intrepetasi

Analisis dan intrepetasi dilakukan setelah didapatkan *output* dari hasil *running* model matematis. Analisis dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting gudang *raw material* PT X dan *storage assignment* hasil optimasi, menganalisa hasil *storage assignment* model optimasi, dan menganalisis model *storage assignment* yang digunakan. Analisis kondisi eksisting hanya dilakukan pada gudang *raw material section 1* saja. Hal ini dikarenakan gudang tersebut tidak akan mengalami banyak perubahan *layout* seperti gudang *raw material section 2*.

3.3.4 Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dan saran dari penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan didapatkan dengan menjawab tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya. Saran diberikan bagi penelitian sejenis selanjutnya dan bagi perusahaan amatan.



Gambar 3. 1 Alur Proses Penelitian

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PENGUMPULAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai gambaran objek amatan, permasalahan, pengumpulan dan pengolahan data yang digunakan pada tugas akhir ini. Pengolahan data dilakukan dengan melakukan perekapan dan pengkonversian data dari perusahaan amatan untuk dijadikan sebagai *input* pada model matematis yang dibangun kemudian.

4.1. Gambaran Objek Amatan

Subbab ini berisi tentang gambaran umum perusahaan dan gambaran umum permasalahan yang diangkat sebagai topik pada tugas akhir ini.

4.1.1 Gambaran Umum PT X.

PT X yang mulai beroperasi pada tanggal 5 Desember 1933, merupakan salah satu perusahaan *cosumer goods* terbesar di Indonesia yang memproduksi berbagai macam produk *home and personal care* serta *food and ice cream* di Indonesia. Saham Perseroan pertama kali ditawarkan kepada masyarakat pada tahun 1981 dan tercatat di Bursa Efek Indonesia sejak 11 Januari 1982. Pada akhir 2015 saham Perseroan menempati peringkat keempat kapitalisasi pasar terbesar di Bursa Efek Indonesia.

PT X memiliki sembilan pabrik di kawasan industri Jababeka, Cikarang, dan Rungkut, Surabaya dengan kantor pusat di Jakarta. Jumlah produk yang diproduksi PT X sekitar 43 *brand* utama dan dipasarkan melalui jaringan yang dimiliki dengan sekitar 800 distributor independen yang menjangkau pasar di seluruh Indonesia. PT X memiliki visi dan misi sebagai berikut.

Visi :

- “ Untuk meraih rasa cinta dan penghargaan dari Indonesia dengan menyentuh kehidupan setiap orang Indonesia setiap harinya.”

Misi :

- Bekerja untuk menciptakan masa depan yang lebih baik setiap hari.

- Membantu konsumen merasa nyaman, berpenampilan baik dan lebih menikmati hidup melalui *brand* dan layanan yang baik.
- Menginspirasi masyarakat untuk melakukan langkah kecil setiap harinya yang bila digabungkan dapat mewujudkan perubahan besar bagi dunia.
- Mengembangkan cara baru dalam berbisnis yang memungkinkan perusahaan tumbuh dua kali lipat dengan secara bersamaan mengurangi dampak terhadap lingkungan.

4.1.2 Produksi dan Gudang di PT X Pabrik Rungkut.

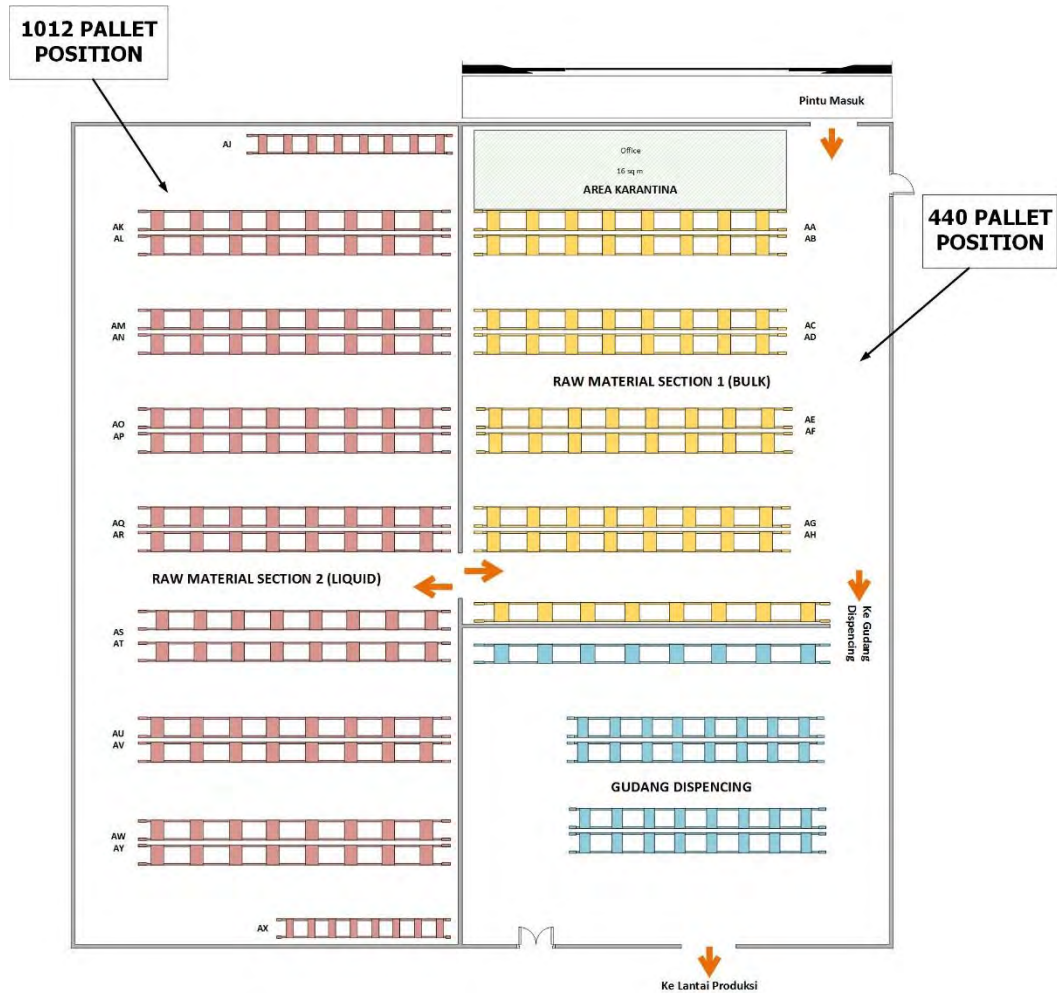
PT X Rungkut memiliki 3 pabrik yaitu Pabrik A, Pabrik B, dan Pabrik C. Pabrik A memproduksi produk *personal care* yaitu pasta gigi, deodorant, dan *mouth wash* dengan berbagai macam varian. Pabrik B memproduksi produk *personal wash* berupa sabun mandi dengan berbagai varian. Sedangkan Pabrik C memproduksi produk perawatan tubuh dengan kelas yang lebih tinggi dari produk lainnya. Penelitian tugas akhir ini akan lebih difokuskan pada Pabrik A.

Pada pabrik A, rantai produksi atau yang disebut dengan *substore* terhubung langsung dengan gudang *raw material* dan gudang *dispensing*. Gudang *dispensing* merupakan gudang persiapan dimana *raw material* disimpan sebelum dikirimkan ke *substore* untuk dilakukan proses produksi. Gudang *dispensing* tersebut menyimpan sejumlah *raw material* sesuai dengan pesanan dari *substore*. Selain menyimpan *raw material* siap proses, gudang *dispensing* juga menyimpan *raw material* sisa yang tidak terpakai pada proses produksi. Sedangkan gudang *raw material* digunakan untuk menyimpan material kimia dalam bentuk bubuk dan cairan kimia.

4.1.2.1 Gudang Raw Material

Gudang *raw material* pabrik A terbagi menjadi dua *section* yaitu *section 1* dan *section 2*. Gudang *section 1* menyimpan berbagai jenis *raw material* bubuk (*bulk*), sedangkan gudang *section 2* menyimpan bahan kimia cair (*liquid*). Pada umumnya *raw material* bubuk tersimpan dalam kantong sak maupun kotak dengan berbagai ukuran berat dan *raw material* cair disimpan dalam drum berbagai ukuran

volume. Tiap *raw material* diletakkan dalam palet-palet dan disimpan di rak yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut merupakan *layout* eksisting dan keterangan luas area eksisting gudang *raw material* PT X.



Gambar 4. 1 *Layout* Eksisting Gudang *Raw Material* PT X.

Tabel 4. 1 Luas Area dan Kapasitas Palet Eksisting Gudang *Raw Material* PT X.

Gudang <i>Raw Material</i>	Luas Area (m ²)	Kapasitas Palet (<i>pallet position</i>)	Jumlah Rak
<i>Section 1 (bulk)</i>	761.94	440	220
<i>Section 2 (liquid)</i>	1227.57	1012	515

Aliran barang yang terjadi dalam gudang *raw material* pabrik A dapat digambarkan secara ringkas dalam gambar berikut.



Gambar 4. 2 Aliran Barang pada Gudang *Raw Material* Pabrik A

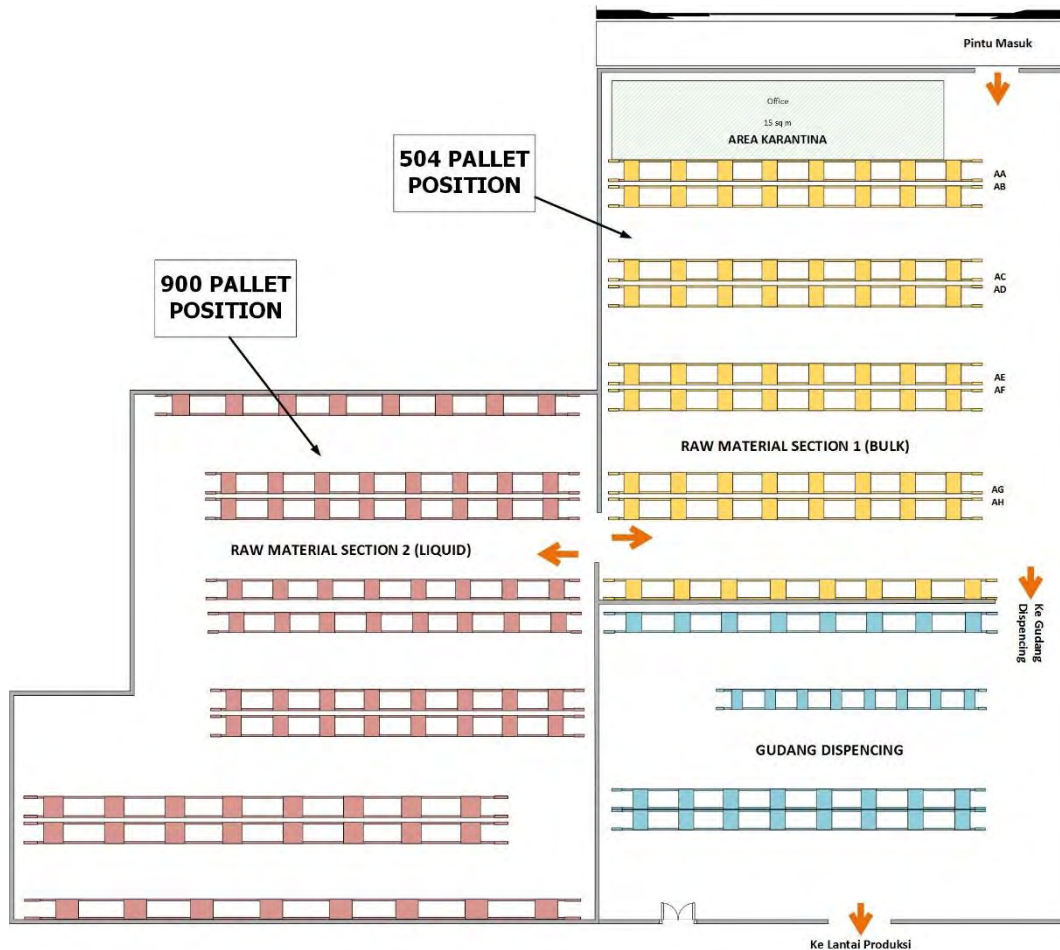
Saat proses penerimaan dilakukan pada gudang *raw material*, dilakukan pengecekan dan paletisasi sebelum kemudian *raw material* tersebut disimpan. Kebijakan penyimpanan *raw material* yang diterapkan pengelola gudang yaitu *random based storage* dimana *raw material* ditempatkan pada lokasi manapun yang kosong. Namun, pada umumnya satu jenis *raw material* akan ditempatkan pada kolom rak yang sama. Selain itu pemilihan tempat penyimpanan didasarkan pada jenis material *fast moving* atau *slow moving*. Material *fast moving* biasanya diletakkan pada rak level 1, sedangkan material *slow moving* diletakkan pada rak level 2 hingga 4 untuk *raw material* bubuk dan maksimal level 3 untuk *raw material* cair.

Ketika terjadi permintaan *raw material* dari *substore* maka sejumlah *raw material* akan dipindahkan dari gudang *section 1* atau *section 2* ke gudang *dispensing*. Permintaan *raw material* tersebut harus dalam satuan palet sehingga memudahkan operator *forklift* untuk memindahkan. Setelah itu *raw material* pada gudang *dispensing* dimasukkan ke *substore* untuk selanjutnya dilakukan proses produksi. Apabila terdapat sisa *raw material* maka akan dilakukan pengembalian *raw material* tersebut ke gudang *dispensing*.

4.1.3 Permasalahan di Gudang *Raw Material*.

Sebagai perusahaan *consumer goods* yang memiliki puluhan produk dengan berbagai varian produknya, PT X dalam beberapa waktu kedepan akan mengaplikasikan UHS (*Ultra High Speed*) Machine pada lini *packaging* untuk menambah kapasitas produksi. Pengaplikasian UHS Machine tersebut akan berdampak pada penyesuaian *layout* gudang *raw material* pabrik A. Artinya, akan

terjadi *re-layout* baik pada gudang *raw material section 1* dan *section 2*. Berikut merupakan *layout* rencana perubahan dan luas areanya pada gudang *raw material* PT X.



Gambar 4. 3 *Layout* Rencana Perubahan pada Gudang *Raw Material* Pabrik A

Tabel 4. 2 Rencana Luas Area Perubahan dan Kapasitas Palet Gudang *Raw Material* PT X.

Gudang <i>Raw Material</i>	Luas Area (m ²)	Kapasitas Palet (<i>pallet position</i>)	Jumlah Rak
<i>Section 1 (bulk)</i>	761.94	504	252
<i>Section 2 (liquid)</i>	816.68	900	450

Berdasarkan gambar 4.3 diatas, perubahan *layout* gudang akan banyak terjadi pada gudang *raw material section 2* yang mana area gudang akan menjadi berkurang. Hal ini juga akan mempengaruhi jumlah kapasitas simpan palet didalamnya seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.1 dan 4.2. Kapasitas simpan palet

pada gudang *section 1* terdapat penambahan dari 440 *pallet position* menjadi 504 *pallet position*. Sedangkan gudang *section 2* mengalami pengurangan dari 1012 *pallet position* menjadi 900 *pallet position*. Sehingga dengan adanya perubahan ini, akan mempengaruhi kebijakan *storage assignment* dan *order picking* pada gudang tersebut.

4.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan durasi selama 9 bulan yang dimulai pada bulan April 2015 hingga Desember 2015. Data-data yang dikumpulkan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

4.2.1 Jenis Raw Material dan Paletisasi

Material yang disimpan di dalam gudang *raw material* terdiri dari dua jenis yaitu material bubuk (*bulk*) dan cairan kimia (*liquid*). Berikut merupakan perbandingan dari kedua *raw material* tersebut.

Tabel 4. 3 Perbandingan Jumlah dan Variasi Ukuran Material Bubuk dan Cairan Kimia

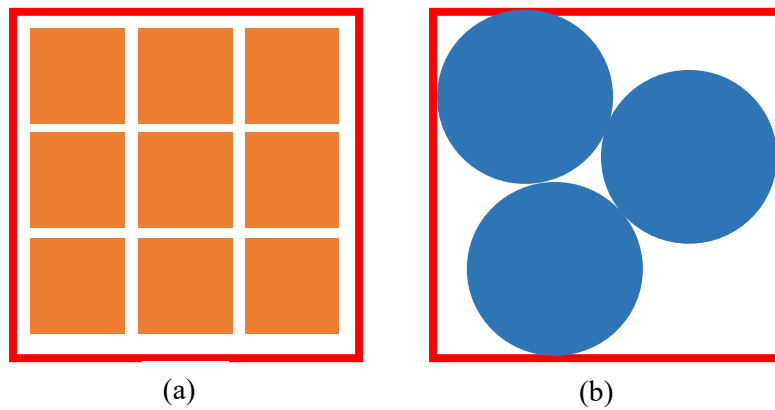
Jenis Material	Bubuk (<i>Bulk</i>)	Cairan Kimia (<i>Liquid</i>)
Jumlah	48 Item	47 Item
Ukuran	3 kg, 5 kg, 10 kg, 15 kg, 18 kg, 20 kg, 25 kg, 30 kg, 54.89 kg, 120kg, 210 kg	20 kg, 25 kg, 32.3 kg, 50 kg, 175 kg, 177 kg, 180 kg, 190.5 kg, 200 kg, 203.66 kg, 220 kg, 223.32 kg, 272 kg, 1000 kg, 1400 kg
Lokasi Penyimpanan	Gudang <i>Raw Material Section 1</i> (rak 4 level)	Gudang <i>Raw Material Section 2</i> (rak 5 level)

Palet yang digunakan untuk menampung *raw material* oleh PT X memiliki kapasitas maksimum 1000 kg atau 1 ton material. *Raw material* yang disimpan kuantitasnya berbeda-beda tiap pemesanan tergantung kebutuhan produksi. Pada subbab selanjutnya akan ditunjukkan jumlah material yang disimpan tiap bulan mulai bulan April 2015 hingga Desember 2015. Data penerimaan *raw material*

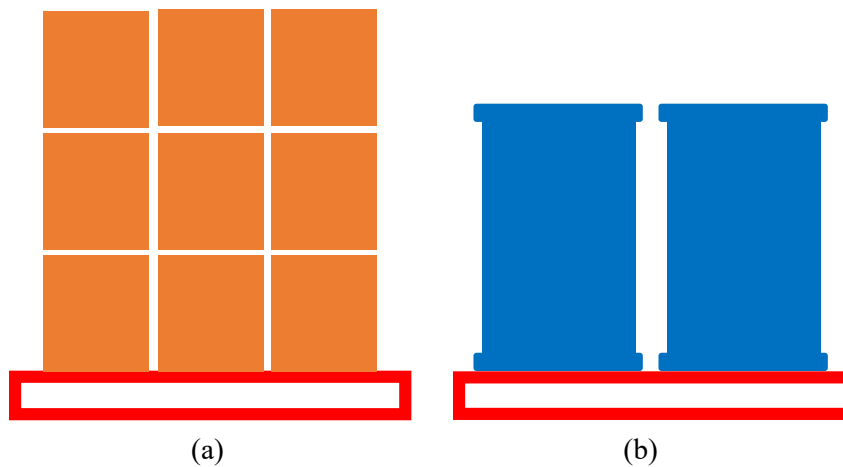
terlebih dahulu dikonversikan dalam satuan palet dengan perhitungan sebagai berikut.

- Kode material : MB01 (*bulk*)
Waktu penerimaan : April 2015
Kuantitas material : 1560 kg
Kebutuhan palet : $\frac{1560 \text{ kg}}{1000 \text{ kg}} = 1.56 \text{ palet}$
- Kode material : ML01 (*liquid*)
Waktu penerimaan : Mei 2015
Kuantitas material : 5225 kg
Kebutuhan palet : $\frac{5225 \text{ kg}}{816 \text{ kg}} = 6.4 \text{ palet}$
(palet maksimum menampung 816 kg karena material disimpan didalam drum)

Hasil pengkonversian *raw material* dalam palet pada umumnya tidak dalam bentuk bilangan bulat. Namun pada penelitian ini diasumsikan bahwa tiap *raw material* adalah *dedicated pallet*. Artinya meskipun jumlah konversi yang dihasilkan tidak bulat, akan dilakukan pembulatan keatas sebagai representasi jumlah palet yang dibutuhkan. Seperti pada contoh perhitungan diatas, maka material ML01 akan membutuhkan 7 palet (6 palet terisi penuh dan 1 palet tidak terisi penuh). Sedangkan material MB01 akan membutuhkan 2 palet (1 palet terisi penuh dan 1 palet tidak terisi penuh). Berikut merupakan ilustrasi paletisasi dengan ukuran maksimum kapasitas.



Gambar 4. 4 Ilustrasi Tampak Atas Paletisasi Material Bubuk (a) dan Cairan Kimia (b)



Gambar 4. 5 Ilustrasi Tampak Samping Paletisasi Material Bubuk (a) dan Cairan Kimia (b)

4.2.2 Penerimaan *Raw Material*

Raw material yang disimpan pada gudang *raw material* pabrik A berasal terdiri dari material bubuk yang umumnya dikemas dalam kemasan sak dengan ukuran yang bermacam-macam. Sedangkan material cairan kimia dikemas dalam wadah drum. Data penerimaan *raw material* yang didapatkan dari PT X dipilah berdasarkan nama material, jumlah material, dan waktu kedatangan. Waktu kedatangan dibagi dalam tiap bulan yang menandakan bahwa pada bulan tersebut sejumlah material tertentu disimpan. Berikut adalah rekap penerimaan material bubuk dan cairan kimia selama bulan April 2015 hingga Desember 2015.

Tabel 4. 4 Penerimaan Material Bubuk Bulan April 2015 - Desember 2015

No	Material	Jumlah <i>Raw Material</i> Disimpan (Palet)									Rata-Rata
		Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Aug-15	Sep-15	Oct-15	Nov-15	Dec-15	
1	MB01	1.6	1.2	2.5	0	0	1.3	1.2	1.4	0	1.54
2	MB02	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0.21
3	MB03	0	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0.01
4	MB04	0	0.06	0	0.06	0.06	0	0.06	0.06	0	0.06
5	MB05	0.03	0.03	0.03	0	0	0.03	0	0	0.03	0.03
6	MB06	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0.05
7	MB07	3	3	3.2	0	0	3	3	0	0	3.04
8	MB08	0	0	0.03	0	0	0	0	0	0.03	0.03
9	MB09	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1.00
10	MB10	0	0	0	0.005	0	0	0	0.01	0	0.01
11	MB11	0.03	0	0.03	0	0.03	0	0	0.00	0	0.03
12	MB12	0	0.06	0.03	0.03	0.06	0.03	0.06	0.03	0.03	0.04
13	MB13	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0.03
14	MB14	0.05	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0.05
15	MB15	0	0.1	0.1	0	0.1	0.2	0	0	0	0.14
16	MB16	0.4	0	0	1.1	0	0.4	0.5	0	0	0.60
17	MB17	0.03	0	0	0	0	0	0.03	0	0.03	0.03
18	MB18	0	0.4	0	0.2	0	0.2	0.2	0	0	0.25
19	MB19	1.1	0	0	0.0	1.1	0.0	1.1	0	1.1	1.13
20	MB20	0	0	6	0	0	0	4	0	2	4.00
21	MB21	0	0.8	0	0	0	0	0	0	0	0.80
22	MB22	0	3	0	2	0	2	0	6	4	3.40
23	MB23	0	0	0	0.4	0	0.2	0	1.2	0	0.60
24	MB24	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.00
25	MB25	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0.30
26	MB26	60	0	20	20	0	20	20	0	20	26.67
27	MB27	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0.10
28	MB28	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	2.8	2.8	4.2	4.2	3.90
29	MB29	0.005	0	0	0	0	0	0	0	0	0.01
30	MB30	0.1	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0	0.1	0.10
31	MB31	60	20	40	60	20	60	40	60	20	42.22
32	MB32	0.2	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0.1	0.12
33	MB33	20	24	25	10	20	20	50	10	30	23.22
34	MB34	0	0	0	0	0	0	0.08	0	0.08	0.08
35	MB35	87	79	70	55	85	70	67	70	0	72.88
36	MB36	0.4	0	0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0	0.40
37	MB37	2	2	0	2	0	2	2	2	0	2.00

No	Material	Jumlah Raw Material Disimpan (Palet)									Rata-Rata
		Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Aug-15	Sep-15	Oct-15	Nov-15	Dec-15	
38	MB38	6	6	0	6	6	0	6	0	6	6.00
39	MB39	0	2.1	2.1	2.1	0	0	0	1.6	2.1	2.00
40	MB40	0.003	0	0	0	0	0.003	0	0.003	0	0.00
41	MB41	1.2	0.8	1.2	0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.78
42	MB42	0	0	0	0	0	0.4	0	0	0.3	0.35
43	MB43	0	0	0.02	0	0	0	0.02	0	0	0.02
44	MB44	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2.00
45	MB45	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1.00
46	MB46	0	6	0	0	0	0	0	6	0	6.00
47	MB47	0.27	0.42	0	0	0.21	0.21	0.21	0.21	0.42	0.28
48	MB48	6	5	5	0	0	0	0	5	0	5.25

Tabel 4. 5 Penerimaan Material Cairan Kimia Bulan April 2015 - Desember 2015

No	Material	Jumlah Raw Material Disimpan (Palet)									Rata-Rata
		Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Aug-15	Sep-15	Oct-15	Nov-15	Dec-15	
1	ML01	0	6.4	6.7	0	6.3	0	6.3	6.4	0	6.4
2	ML02	0	0	0	0.4	0.2	0	0	0.5	0	0.4
3	ML03	0.8	0	0.8	0	0.8	0	0	0.8	0	0.8
4	ML04	2.7	5.3	0	1.3	2.7	2.7	0.0	2.7	2.7	2.5
5	ML05	0	0	0	0.3	0	0	0.3	0	0.3	0.3
6	ML06	0.3	0	0.3	0	0.3	0.3	0.3	0	0	0.3
7	ML07	0	0.08	0	0	0.06	0.06	0.1	0.06	0.06	0.1
8	ML08	0	0.7	2	0	1.3	0.7	0.7	0	0	1.1
9	ML09	1.7	1.3	1.3	1.3	0	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4
10	ML10	100	87.7	90	70	80	80	60	80	80	80.8
11	ML11	0	8	4	4	8	3.6	0	3.6	1.8	4.1
12	ML12	0.3	0.3	0.3	0.3	0	0.3	0.3	0.3	0	0.3
13	ML13	9.3	12	8	9.3	9.3	9.3	4.7	14	9.3	9.5
14	ML14	2.3	0	0	4	2	0	0	0	1.7	2.5
15	ML15	6.48	4	4	4	8	4	4	8	8	5.6
16	ML16	0	0.7	0.7	0.3	0.7	0.7	0.7	0	0.3	0.6
17	ML17	0	0	1.3	0	0	0	0	0	1.3	1.3
18	ML18	0	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0.3
19	ML19	0	0	0	0	0.3	0	0.7	0.3	0	0.4
20	ML20	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0	0.3	0.3
21	ML21	0	0	0	0	0	0	0.7	0.7	0	0.7
22	ML22	0	0	1.7	0	1.7	0	3.3	0	0	2.2

No	Material	Jumlah <i>Raw Material</i> Disimpan (Palet)									Rata-Rata
		Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Aug-15	Sep-15	Oct-15	Nov-15	Dec-15	
23	ML23	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3
24	ML24	0	0.3	0.7	0	0.3	0	0	0	0	0.4
25	ML25	1.2	0	1.9	0	0.8	1.3	1.3	1.6	0	1.4
26	ML26	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3
27	ML27	8	13.3	16	13.3	5.3	8	10.7	5.3	5.3	9.5
28	ML28	12	12	16	16	12	16	20	10.3	8	13.6
29	ML29	0.7	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0.7
30	ML30	1.3	2.3	1.3	2	0	2	0	2	1	1.7
31	ML31	0.3	0	0	0.7	0	0.3	0	0	0.7	0.5
32	ML32	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.2
33	ML33	0	0	0	0	0.01	0.2	0	0.2	0	0.1
34	ML34	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0.2
35	ML35	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
36	ML36	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0.2
37	ML37	0	0.7	0.3	0	0.3	0.3	0.3	0.7	0.3	0.4
38	ML38	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0
39	ML39	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.2
40	ML40	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.2
41	ML41	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0.2
42	ML42	430	396	440	308	462	396	330	362	413	393.0
43	ML43	0	0	0	0	0.05	0	0	0	0	0.1
44	ML44	25	25	25	12.5	0	12.5	25	25	0	21.4
45	ML45	89.6	109.2	112	67.2	112	112	89.6	44.8	89.6	91.8
46	ML46	2.1	0	0.6	0	0	0.3	0.6	0	0.3	0.8
47	ML47	0.2	0	0	0	0	0.3	0.3	0	0	0.2

Pada tiap *raw material* bubuk pada tabel 4.1 dan 4.2 diatas, diambil rata-rata jumlah *raw material* disimpan. Rata-rata tersebut didapatkan dari jumlah seluruh *raw material* dibagi jumlah bulan penyimpanannya. Rata-rata tersebut merepresentasikan kebutuhan jumlah rak penyimpanan untuk *raw material* tertentu pada gudang *raw material section* 1. Jumlah rata-rata diambil karena bila menggunakan jumlah maksimum, akan dikhawatirkan terjadi utilisasi ruang penyimpanan tidak maksimal. Sedangkan apabila yang digunakan adalah jumlah minimum dikhawatirkan terjadi defisit ruang penyimpanan. Hal ini dikarenakan kebutuhan *raw material* tiap bulannya berbeda-beda. Sehingga ketika digunakan

nilai jumlah maksimum, bisa jadi pada bulan tertentu justru jumlah *raw material* yang disimpan dalam kondisi paling minimum. Demikian juga bila menggunakan jumlah minimum, bisa jadi pada bulan tertentu *raw material* yang disimpan dalam kondisi paling maksimum. Sehingga untuk menjaga ketidak pastian tersebut digunakan nilai rata-rata.

4.2.3 Frekuensi Aliran *Raw Material* ke Lantai Produksi (*Substore*)

Material yang disimpan pada gudang *raw material section 1* dan *section 2* memiliki frekuensi pemakaian yang berbeda-beda. Oleh karena itu, frekuensi aliran material dari gudang ke *substore* juga berbeda-beda berdasarkan kebutuhan produksi. Frekuensi aliran material ke *substore* menunjukkan seberapa sering material tersebut diambil/keluar dari gudang. Pada tiap pengambilan material, kuantitas nya berbeda-beda tergantung permintaan *substore*. PT X menerapkan kebijakan bahwa permintaan material dari *substore* ke gudang *raw material* harus selalu dalam satuan palet. Hal ini untuk memudahkan dalam pengambilan material serta mengurangi adanya *double handling* pada operator *material handling*. Berikut merupakan frekuensi aliran material bubuk pada bulan April 2015 hingga Desember 2015.

Tabel 4. 6 Frekuensi Pengiriman Material Bubuk Bulan April 2015 - Desember 2015

No	Material	Frekuensi Per Bulan									Max
		Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Aug-15	Sep-15	Oct-15	Nov-15	Dec-15	
1	MB01	4	2	5	2	2	2	2	2	2	5
2	MB02	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
3	MB03	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
4	MB04	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2
5	MB05	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1
6	MB06	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
7	MB07	6	6	4	3	9	8	4	6	5	9
8	MB08	0	1	0	0	0	2	0	0	1	2
9	MB09	1	0	1	1	0	1	2	0	1	2
10	MB10	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1
11	MB11	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2
12	MB12	1	1	2	1	1	1	1	2	1	2
13	MB13	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1

No	Material	Frekuensi Per Bulan									Max
		Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Aug-15	Sep-15	Oct-15	Nov-15	Dec-15	
14	MB14	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1
15	MB15	1	3	2	1	1	1	1	0	0	3
16	MB16	2	2	2	2	1	1	0	0	1	2
17	MB17	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
18	MB18	1	1	1	1	2	1	1	0	1	2
19	MB19	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
20	MB20	4	1	3	3	4	2	2	3	3	4
21	MB21	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
22	MB22	5	3	3	2	4	8	1	4	4	8
23	MB23	0	0	2	0	1	0	0	1	1	2
24	MB24	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2
25	MB25	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
26	MB26	25	20	26	20	26	26	20	19	24	26
27	MB27	2	1	1	1	0	1	0	1	0	2
28	MB28	13	8	13	12	14	14	11	12	10	14
29	MB29	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
30	MB30	1	0	1	2	2	1	1	2	1	2
31	MB31	25	22	27	16	27	24	21	26	21	27
32	MB32	2	1	2	4	1	2	0	2	2	4
33	MB33	24	21	26	16	25	23	18	20	23	26
34	MB34	1	3	1	0	4	1	2	1	1	4
35	MB35	52	42	43	27	37	33	31	34	31	52
36	MB36	3	2	2	2	1	0	0	0	1	3
37	MB37	1	3	1	3	4	1	0	2	2	4
38	MB38	6	5	6	6	7	6	4	6	6	7
39	MB39	2	2	3	2	4	3	2	2	2	4
40	MB40	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
41	MB41	3	5	3	4	3	4	3	2	2	5
42	MB42	1	0	1	1	1	0	2	1	0	2
43	MB43	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1
44	MB44	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
45	MB45	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1
46	MB46	2	3	1	1	4	3	2	2	2	4
47	MB47	3	3	1	1	1	3	1	2	1	3
48	MB48	6	5	7	4	8	3	3	5	5	8

Frekuensi aliran *raw material* direkap per bulan untuk mengetahui pada bulan tersebut berapa kali *raw material* tertentu diambil dari gudang. Setelah dilakukan perekapan tiap bulan kemudian dipilih frekuensi terbesar dari tiap *raw material*. Namun data frekuensi aliran *raw material* diatas masih belum bisa merepresentasikan berapa kali material tersebut diambil/dikirim ke lantai produksi. Hal ini dikarenakan adanya keterbatasan daya angkut pada *material handling*. Sehingga pada tiap permintaan *raw material* sejumlah tertentu dapat terjadi beberapa kali aktivitas pengambilan.

Tujuan dari pemilihan nilai maksimum setelah dilakukan perekapan frekuensi tiap bulan adalah untuk merepresentasikan status dari masing-masing *raw material*. Status yang dimaksud dalam hal ini apakah termasuk dalam kategori *fast moving item* atau *slow moving item*. Pada data tersebut, semakin besar frekuensi aliran *raw material* menunjukkan bahwa material tersebut banyak dibutuhkan pada proses produksi. Sehingga, dapat dikategorikan menjadi material *fast moving*. Sebaliknya frekuensi aliran *raw material* yang kecil menunjukkan bahwa material tersebut jarang digunakan atau digunakan pada beberapa kali proses produksi. Pengategorian *raw material* semacam ini termasuk pada material *slow moving*. Perbedaan kebutuhan produksi tiap *raw material* ini dikarenakan adanya perbedaan permintaan produk. Berikut merupakan rekap frekuensi aliran material cairan kimia pada bulan April 2015 hingga Desember 2015.

Tabel 4. 7 Frekuensi Pengiriman Material Cairan Kimia Bulan April 2015 - Desember 2015

No	Material	Frekuensi Per Bulan									Max
		Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Aug-15	Sep-15	Oct-15	Nov-15	Dec-15	
1	ML01	1	4	5	2	8	3	2	4	4	8
2	ML02	1	1	0	1	1	0	0	2	1	2
3	ML03	1	2	1	1	3	2	2	1	2	3
4	ML04	3	3	4	3	2	2	2	2	4	4
5	ML05	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
6	ML06	0	1	2	0	1	0	0	0	0	2
7	ML07	2	1	1	2	1	0	2	1	1	2
8	ML08	2	1	3	2	0	2	0	1	2	3
9	ML09	1	4	1	2	2	1	1	1	2	4
10	ML10	38	37	42	32	42	36	29	34	32	42

No	Material	Frekuensi Per Bulan									Max
		Apr-15	May-15	Jun-15	Jul-15	Aug-15	Sep-15	Oct-15	Nov-15	Dec-15	
11	ML11	5	3	4	6	6	4	5	5	5	6
12	ML12	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1
13	ML13	10	9	9	7	13	9	9	11	8	13
14	ML14	1	3	2	0	2	2	2	1	3	3
15	ML15	5	1	7	6	10	4	7	6	4	10
16	ML16	1	1	2	1	4	1	0	1	1	4
17	ML17	1	0	2	0	2	2	0	3	2	3
18	ML18	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
19	ML19	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1
20	ML20	1	2	0	1	2	0	0	2	0	2
21	ML21	2	3	0	1	1	2	0	1	2	3
22	ML22	4	1	4	1	2	2	2	1	3	4
23	ML23	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
24	ML24	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1
25	ML25	2	3	3	1	1	1	3	1	3	3
26	ML26	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
27	ML27	12	16	12	9	10	8	7	12	16	16
28	ML28	14	13	12	14	15	13	13	13	13	15
29	ML29	0	1	1	0	2	2	0	2	1	2
30	ML30	4	0	6	0	0	2	3	0	2	6
31	ML31	0	0	3	0	1	0	1	0	0	3
32	ML32	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
33	ML33	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
34	ML34	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
35	ML35	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
36	ML36	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
37	ML37	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
38	ML38	0	1	1	0	1	0	0	0	0	1
39	ML39	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
40	ML40	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
41	ML41	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
42	ML42	56	54	65	43	64	51	46	56	58	65
43	ML43	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
44	ML44	7	0	14	15	24	22	14	19	11	24
45	ML45	29	28	32	20	32	30	23	27	27	32
46	ML46	1	1	2	0	2	1	1	2	1	2
47	ML47	0	2	0	2	3	3	1	1	3	3

Setelah didapatkan frekuensi dari tiap *raw material* kemudian dilakukan klasifikasi berdasarkan *fast moving item* dan *slow moving item*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui material mana yang masuk dalam tiap-tiap klasifikasi tersebut dan digunakan dalam validasi hasil *running model storage assignment*. *Raw material* yang masuk dalam kategori *fast moving item* yaitu yang memiliki frekuensi lebih dari atau sama dengan 10. Sedangkan *raw material* yang frekuensinya dibawah 10 termasuk dalam kategori *slow moving item*. Berikut merupakan hasil klasifikasi *raw material* tersebut.

Tabel 4. 8 Klasifikasi *Fast Moving Item* dan *Slow Moving Item*

<i>Raw Material</i>	ID <i>Raw Material</i>	Klasifikasi
Bubuk (<i>Bulk</i>)	MB26, MB28, MB31, MB33, MB35	<i>Fast Moving Item</i>
	MB01, MB02, MB03, MB04, MB05, MB06, MB07, MB08, MB09, MB10, MB11, MB12, MB13, MB14, MB15, MB16, MB17, MB18, MB19, MB20, MB21, MB22, MB23, MB24, MB25, MB27, MB29, MB30, MB32, MB34, MB36, MB37, MB38, MB39, MB40, MB41, MB42, MB43, MB44, MB45, MB46, MB47, MB48	<i>Slow Moving Item</i>
Cairan Kimia (<i>Liquid</i>)	ML10, ML13, ML15, ML27, ML28, ML42, ML44, ML45	<i>Fast Moving Item</i>
	ML01, ML02, ML03, ML05, ML06, ML07, ML08, ML09, ML11, ML12, ML14, ML16, ML17, ML18, ML19, ML20, ML21, ML22, ML23, ML24, ML25, ML26, ML29, ML30, ML31, ML32, ML33, ML34, ML35, ML36, ML37, ML38, ML39, ML40, ML41, ML43, ML46, ML47	<i>Slow Moving Item</i>

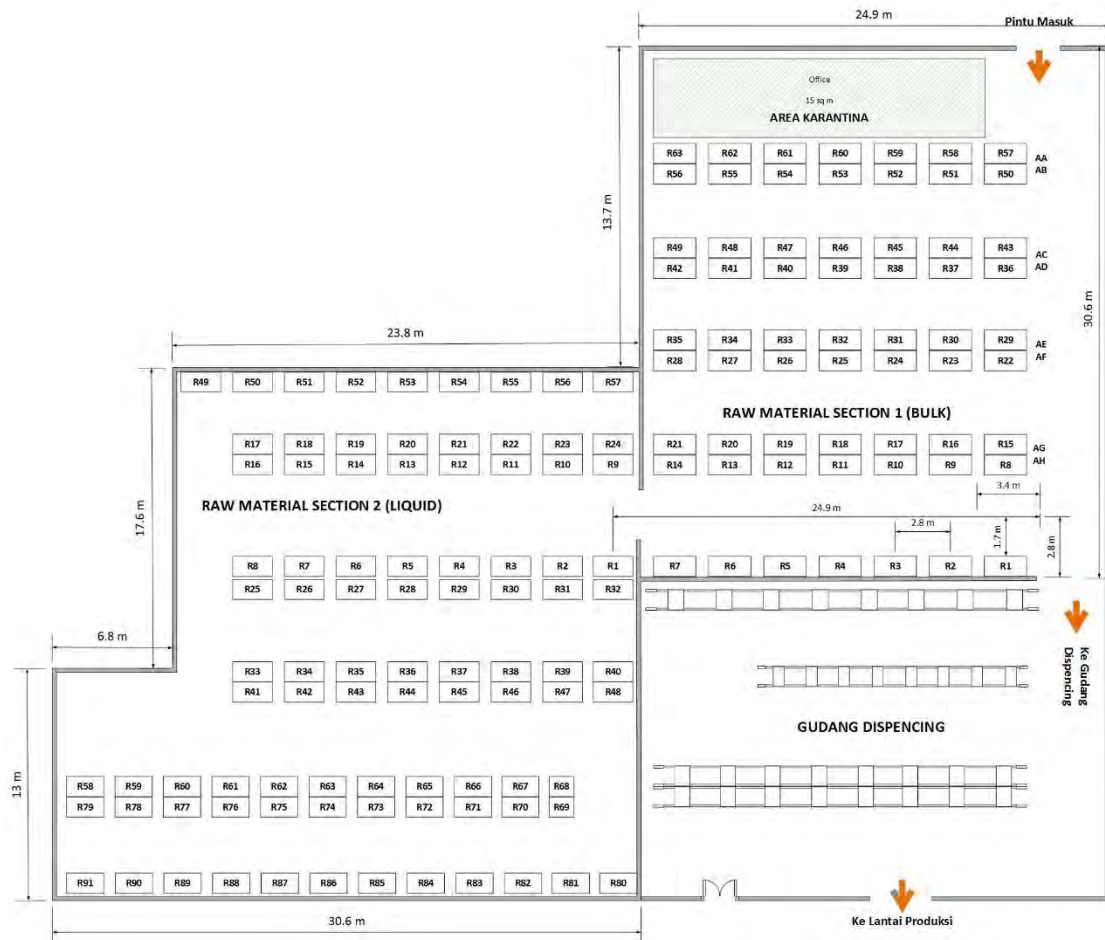
4.2.4 Level Rak dan Jarak Rak Penyimpanan dengan Pintu Keluar

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai *levelling* rak penyimpanan yang digunakan dan rekap perhitungan jarak tiap rak penyimpanan dengan pintu keluar.

4.2.4.1 Penomoran dan Level Rak Penyimpanan

Penomoran rak dibedakan antara gudang *section 1* dan *section 2* untuk membedakan jumlah rak yang ada dan yang dijadikan *input* pada model *storage assignment*. Tiap rak memiliki kapasitas penyimpanan 2 buah palet dengan level

ketinggian yang berbeda antara gudang *section 1* dan *section 2*. Berikut merupakan denah penomoran rak pada gudang *raw material* PT X yang akan digunakan.



Gambar 4. 6 Denah Penomoran Rak Gudang Raw Material PT X.

Jumlah kode penomoran rak gudang *section 1* sebanyak 63 rak dengan jumlah level rak sebanyak 4 level. Sehingga dengan kata lain jumlah total rak gudang *section 1* sebanyak 252 rak. Sedangkan gudang *section 2* memiliki kode penomoran rak sebanyak 91, dengan jumlah level rak yaitu 5 level. Artinya gudang *section* memiliki jumlah total rak sebanyak 455 rak. Detail penomoran rak beserta *levelling* rak dapat dilihat pada **lampiran 1**.

4.2.4.2 Jarak Rak Penyimpanan dengan Pintu Keluar

Jarak rak penyimpanan dengan pintu keluar digunakan untuk mempertimbangkan posisi penyimpanan yang tepat dari masing-masing *raw*

material. Pertimbangan yang digunakan adalah rak yang jaraknya lebih dekat dengan pintu keluar digunakan untuk menyimpan material *fast moving*. Hal ini ditujukan untuk mengefisiensi pergerakan *material handling* ketika *order-picking* dilakukan. Berikut adalah rekap jarak masing masing rak dengan pintu keluar pada gudang *raw material section 1* dan *section 2*.

Tabel 4. 9 Jarak Tiap Rak dengan Pintu Keluar pada Gudang *Raw Material Section 1*

Kode Rak	Jarak (m)	Kode Rak	Jarak (m)	Kode Rak	Jarak (m)	Kode Rak	Jarak (m)
R1	7.9	R17	19.3	R33	30.6	R49	41.9
R2	10.8	R18	22.1	R34	33.4	R50	24.9
R3	13.6	R19	24.9	R35	36.3	R51	27.8
R4	16.4	R20	27.8	R36	19.3	R52	30.6
R5	19.3	R21	30.6	R37	22.1	R53	33.4
R6	22.1	R22	13.6	R38	24.9	R54	36.3
R7	24.9	R23	16.4	R39	27.8	R55	39.1
R8	7.9	R24	19.3	R40	30.6	R56	41.9
R9	10.8	R25	22.1	R41	33.4	R57	30.6
R10	13.6	R26	24.9	R42	36.3	R58	33.4
R11	16.4	R27	27.8	R43	24.9	R59	36.3
R12	19.3	R28	30.6	R44	27.8	R60	39.1
R13	22.1	R29	19.3	R45	30.6	R61	41.9
R14	24.9	R30	22.1	R46	33.4	R62	44.8
R15	13.6	R31	24.9	R47	36.3	R63	47.6
R16	16.4	R32	27.8	R48	39.1		

Tabel 4. 10 Jarak Tiap Rak dengan Pintu Keluar pada Gudang *Raw Material Section 2*

Kode Rak	Jarak (m)	Kode Rak	Jarak (m)	Kode Rak	Jarak (m)	Kode Rak	Jarak (m)
R1	29.5	R25	57.2	R49	53.8	R73	100.3
R2	31.7	R26	59.5	R50	56.7	R74	102.6
R3	34.0	R27	61.8	R51	58.9	R75	104.8
R4	36.3	R28	64.0	R52	61.2	R76	107.1
R5	38.5	R29	66.3	R53	63.5	R77	109.4
R6	40.8	R30	68.6	R54	65.7	R78	111.6
R7	43.1	R31	70.8	R55	68.0	R79	113.9
R8	45.3	R32	73.1	R56	70.3	R80	89.0
R9	29.5	R33	57.2	R57	72.5	R81	91.2
R10	31.7	R34	59.5	R58	72.5	R82	93.5

Kode Rak	Jarak (m)	Kode Rak	Jarak (m)	Kode Rak	Jarak (m)	Kode Rak	Jarak (m)
R11	34.0	R35	61.8	R59	70.3	R83	95.8
R12	36.3	R36	64.0	R60	68.0	R84	98.0
R13	38.5	R37	66.3	R61	65.2	R85	100.3
R14	40.8	R38	68.6	R62	68.0	R86	102.6
R15	43.1	R39	70.8	R63	70.3	R87	104.8
R16	45.3	R40	73.1	R64	72.5	R88	107.1
R17	56.7	R41	63.5	R65	74.2	R89	109.4
R18	58.9	R42	65.7	R66	75.9	R90	111.6
R19	61.2	R43	68.0	R67	77.1	R91	112.2
R20	63.5	R44	70.3	R68	78.8		
R21	65.7	R45	72.5	R69	91.8		
R22	68.0	R46	74.8	R70	93.5		
R23	70.3	R47	77.1	R71	95.8		
R24	72.5	R48	79.3	R72	98.0		

Data rekap jarak pada tabel diatas hanya berlaku untuk rak yang terletak pada level pertama. Sedangkan pada gudang *raw material section 1* kapasitas palet yang dimiliki adalah 504 *pallet position*, dan gudang *raw material section 2* berkapasitas 900 *pallet position*. Kedua gudang *raw material* tersebut menggunakan rak berjenis *selective rack* level empat untuk gudang *section 1* dan level lima untuk gudang *section 2*. Berikut adalah rekap jarak rak level dua hingga lima pada gudang *section 1* dan *section 2*.

Tabel 4. 11 Jarak Rak Level Dua Hingga Empat pada Gudang *Raw Material Section 1*

Rak	Level 2	Level 3	Level 4	Rak	Level 2	Level 3	Level 4	Rak	Level 2	Level 3	Level 4
R1	17.5	27.2	36.8	R24	28.9	38.6	48.2	R47	45.9	55.6	65.2
R2	20.4	30.1	39.7	R25	31.7	41.4	51.0	R48	48.7	58.4	68.0
R3	23.2	32.9	42.5	R26	34.5	44.2	53.8	R49	51.5	61.2	70.8
R4	26.0	35.7	45.3	R27	37.4	47.1	56.7	R50	34.5	44.2	53.8
R5	28.9	38.6	48.2	R28	40.2	49.9	59.5	R51	37.4	47.1	56.7
R6	31.7	41.4	51.0	R29	28.9	38.6	48.2	R52	40.2	49.9	59.5
R7	34.5	44.2	53.8	R30	31.7	41.4	51.0	R53	43.0	52.7	62.3
R8	17.5	27.2	36.8	R31	34.5	44.2	53.8	R54	45.9	55.6	65.2
R9	20.4	30.1	39.7	R32	37.4	47.1	56.7	R55	48.7	58.4	68.0
R10	23.2	32.9	42.5	R33	40.2	49.9	59.5	R56	51.5	61.2	70.8
R11	26.0	35.7	45.3	R34	43.0	52.7	62.3	R57	40.2	49.9	59.5

Rak	Level 2	Level 3	Level 4	Rak	Level 2	Level 3	Level 4	Rak	Level 2	Level 3	Level 4
R12	28.9	38.6	48.2	R35	45.9	55.6	65.2	R58	43.0	52.7	62.3
R13	31.7	41.4	51.0	R36	28.9	38.6	48.2	R59	45.9	55.6	65.2
R14	34.5	44.2	53.8	R37	31.7	41.4	51.0	R60	48.7	58.4	68.0
R15	23.2	32.9	42.5	R38	34.5	44.2	53.8	R61	51.5	61.2	70.8
R16	26.0	35.7	45.3	R39	37.4	47.1	56.7	R62	54.4	64.1	73.7
R17	28.9	38.6	48.2	R40	40.2	49.9	59.5	R63	57.2	66.9	76.5
R18	31.7	41.4	51.0	R41	43.0	52.7	62.3				
R19	34.5	44.2	53.8	R42	45.9	55.6	65.2				
R20	37.4	47.1	56.7	R43	34.5	44.2	53.8				
R21	40.2	49.9	59.5	R44	37.4	47.1	56.7				
R22	23.2	32.9	42.5	R45	40.2	49.9	59.5				
R23	26.0	35.7	45.3	R46	43.0	52.7	62.3				

Tabel 4. 12 Jarak Rak Level Dua Hingga Lima pada Gudang *Raw Material Section 2*

Rak	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Rak	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
R1	39.1	48.8	58.4	68.0	R47	86.7	96.4	106.0	115.6
R2	41.3	51.0	60.6	70.2	R48	88.9	98.6	108.2	117.8
R3	43.6	53.3	62.9	72.5	R49	63.4	73.1	82.7	92.3
R4	45.9	55.6	65.2	74.8	R50	66.3	76.0	85.6	95.2
R5	48.1	57.8	67.4	77.0	R51	68.5	78.2	87.8	97.4
R6	50.4	60.1	69.7	79.3	R52	70.8	80.5	90.1	99.7
R7	52.7	62.4	72.0	81.6	R53	73.1	82.8	92.4	102.0
R8	54.9	64.6	74.2	83.8	R54	75.3	85.0	94.6	104.2
R9	39.1	48.8	58.4	68.0	R55	77.6	87.3	96.9	106.5
R10	41.3	51.0	60.6	70.2	R56	79.9	89.6	99.2	108.8
R11	43.6	53.3	62.9	72.5	R57	82.1	91.8	101.4	111.0
R12	45.9	55.6	65.2	74.8	R58	82.1	91.8	101.4	111.0
R13	48.1	57.8	67.4	77.0	R59	79.9	89.6	99.2	108.8
R14	50.4	60.1	69.7	79.3	R60	77.6	87.3	96.9	106.5
R15	52.7	62.4	72.0	81.6	R61	74.8	84.5	94.1	103.7
R16	54.9	64.6	74.2	83.8	R62	77.6	87.3	96.9	106.5
R17	66.3	76.0	85.6	95.2	R63	79.9	89.6	99.2	108.8
R18	68.5	78.2	87.8	97.4	R64	82.1	91.8	101.4	111.0
R19	70.8	80.5	90.1	99.7	R65	83.8	93.5	103.1	112.7
R20	73.1	82.8	92.4	102.0	R66	85.5	95.2	104.8	114.4
R21	75.3	85.0	94.6	104.2	R67	86.7	96.4	106.0	115.6
R22	77.6	87.3	96.9	106.5	R68	88.4	98.1	107.7	117.3
R23	79.9	89.6	99.2	108.8	R69	101.4	111.1	120.7	130.3
R24	82.1	91.8	101.4	111.0	R70	103.1	112.8	122.4	132.0

Rak	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Rak	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5
R25	66.8	76.5	86.1	95.7	R71	105.4	115.1	124.7	134.3
R26	69.1	78.8	88.4	98.0	R72	107.6	117.3	126.9	136.5
R27	71.4	81.1	90.7	100.3	R73	109.9	119.6	129.2	138.8
R28	73.6	83.3	92.9	102.5	R74	112.2	121.9	131.5	141.1
R29	75.9	85.6	95.2	104.8	R75	114.4	124.1	133.7	143.3
R30	78.2	87.9	97.5	107.1	R76	116.7	126.4	136.0	145.6
R31	80.4	90.1	99.7	109.3	R77	119.0	128.7	138.3	147.9
R32	82.7	92.4	102.0	111.6	R78	121.2	130.9	140.5	150.1
R33	66.8	76.5	86.1	95.7	R79	123.5	133.2	142.8	152.4
R34	69.1	78.8	88.4	98.0	R80	98.6	108.3	117.9	127.5
R35	71.4	81.1	90.7	100.3	R81	100.8	110.5	120.1	129.7
R36	73.6	83.3	92.9	102.5	R82	103.1	112.8	122.4	132.0
R37	75.9	85.6	95.2	104.8	R83	105.4	115.1	124.7	134.3
R38	78.2	87.9	97.5	107.1	R84	107.6	117.3	126.9	136.5
R39	80.4	90.1	99.7	109.3	R85	109.9	119.6	129.2	138.8
R40	82.7	92.4	102.0	111.6	R86	112.2	121.9	131.5	141.1
R41	73.1	82.8	92.4	102.0	R87	114.4	124.1	133.7	143.3
R42	75.3	85.0	94.6	104.2	R88	116.7	126.4	136.0	145.6
R43	77.6	87.3	96.9	106.5	R89	119.0	128.7	138.3	147.9
R44	79.9	89.6	99.2	108.8	R90	121.2	130.9	140.5	150.1
R45	82.1	91.8	101.4	111.0	R91	121.8	131.5	141.1	150.7
R46	84.4	94.1	103.7	113.3					

Jarak diatas didapatkan dari penjumlahan jarak horizontal dan vertikal tiap rak penyimpanan. Jarak vertikal didapatkan dengan mengkonversikan waktu yang dibutuhkan oleh *material handling* untuk menaikkan garpu nya kedalam ukuran jarak horizontal. Berdasarkan pengamatan di lapangan, waktu yang dibutuhkan oleh *material handling* untuk menaikkan garpu ke rak level dua dan kembali lagi turun ke level satu adalah 14 detik. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut diasumsikan untuk aktivitas *material handling* menaikkan garpunya dan melakukan *adjusting* palet adalah 7 detik. Sehingga perhitungan jarak vertikal adalah sebagai berikut.

- Rak Level 2.

Dengan asumsi kecepatan naik adalah 5 km/jam dan waktu menaikkan garpu (termasuk *adjusting*) ke rak level 2 adalah 7 detik maka :

$$Jarak = Waktu \times Kecepatan$$

$$Jarak = 7 \text{ s} \times 5 \text{ km/jam}$$

$$Jarak = 7 \text{ s} \times 1.38 \text{ m/s}$$

$$Jarak = 9.66 \text{ m} \rightarrow \text{jarak vertikal MH ke rak level 2}$$

- Rak Level 3, 4, dan 5.

Dengan asumsi ketinggian tiap level sama dan kecepatan sama maka :

$$\text{Jarak vertikal MH ke rak level 3 : } 2 \times 9.66 = 19.32 \text{ m}$$

$$\text{Jarak vertikal MH ke rak level 4 : } 3 \times 9.66 = 28.98 \text{ m}$$

$$\text{Jarak vertikal MH ke rak level 5 : } 4 \times 9.66 = 38.64 \text{ m}$$

BAB 5

PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai uji coba model optimasi *storage assignment* untuk melihat apakah model tersebut telah sesuai untuk menyelesaikan permasalahan *storage assignment*, pengembangan model optimasi *storage assignment*, verifikasi dan validasi model, serta eksperimen dan penentuan solusi permasalahan pada gudang *raw material* PT X.

5.1 Model Optimasi *Storage Assignment*

Pada subbab ini akan dilakukan pengujian model optimasi *storage assignment* terlebih dahulu menggunakan data *dummy*. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menguji apakah model tersebut akan menghasilkan penataan lokasi penyimpanan *raw material* yang optimal.

Uji coba ini dilakukan dengan menggunakan 5 contoh material beserta dengan jumlah palet yang disimpan dan frekuensi aliran masing-masing *raw material*. Rak yang digunakan adalah rak 4 level dengan masing-masing level berisi 7 rak berkapasitas 1 palet/rak. Tabel 5.1 adalah data *dummy* yang digunakan pada uji coba model ini.

Tabel 5. 1 Data Jumlah Palet Disimpan dan Frekuensi

Kode Material	Juml. Palet	Frekuensi	Notasi Warna
M1	4	14	
M2	5	2	
M3	10	10	
M4	6	7	
M5	3	5	

Tabel 5. 2 Data Jarak Tiap Rak dengan Pintu Keluar (dalam meter)

Level 4	53.8	51	48.2	45.3	42.5	39.7	36.8
Level 3	44.2	41.4	38.6	35.7	32.9	30.1	27.2
Level 2	34.5	31.7	28.9	26	23.2	20.4	17.5
Level 1	24.9	22.1	19.3	16.4	13.6	10.8	7.9

Secara manual dengan data diatas sebenarnya dapat ditentukan hasil penataan lokasi penyimpanan *raw material* yang optimal. Caranya adalah dengan

memprioritaskan *raw material* dengan frekuensi tinggi pada rak yang lebih dekat dan seterusnya. Hasil dari cara manual ini dapat dibandingkan dengan hasil akhir dari *running* model optimasi dan ditentukan apakah sudah *valid* dan sesuai atau belum. Tabel 5.3 adalah hasil cara manual penataan lokasi penyimpanan berdasarkan data pada tabel 5.1 dan 5.2. Warna mengintrepetasikan frekuensi *raw material* dan nomor dalam tanda kurung menunjukkan urutan pemilihan rak berdasarkan jarak terdekat.

Tabel 5. 3 Hasil Penataan Lokasi Penyimpanan dengan Cara Manual

Level 4	M2 (28)	M2 (27)	M2 (26)	M2 (25)	M5 (23)	M5 (21)	M4 (20)
Level 3	M2 (24)	M5 (22)	M4 (19)	M4 (17)	M4 (15)	M3 (14)	M3 (13)
Level 2	M4 (18)	M4 (16)	M3 (12)	M3 (11)	M3 (9)	M3 (7)	M3 (5)
Level 1	M3 (10)	M3 (8)	M3 (6)	M1 (4)	M1 (3)	M1 (2)	M1 (1)

Selanjutnya, *running* model optimasi dilakukan untuk melihat hasil akhirnya apakah sudah sesuai dengan hasil cara manual pada tabel 5.3. Model optimasi akan diterjemahkan ke dalam *coding* pada *software* LINGO 11.0. Gambar 5.1 dan 5.2 adalah tampilan *coding script* model optimasi yang digunakan pada *software* LINGO 11.0 dan *output* dari *running* model.

```

Sets:
Rak/R1..R28/:Kapasitas,Jarak;
Produk/M1..M5/:S,Frekuensi;
Links(Produk,Rak):X,Y;
Endsets

!Objective;
Min = @Sum(Links(i,j):(Jarak(j))*@Sum(Links(i,j):((Frekuensi(i))*Y(i,j))));

!Constraint;
@For(Produk(i):
    @Sum(Rak(j):Y(i,j))=1);
@For(Rak(j):
    @Sum(Produk(i):S(i)*Y(i,j))<=Kapasitas);
@For(Produk(i):
    @For(Rak(j):
        Y(i,j)<=X(i,j);
        X(i,j)<=M*Y(i,j);
        Y(i,j)>=0));

@For(Links:@Bin(X));

Data:
M = 999;

Kapasitas = 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1;

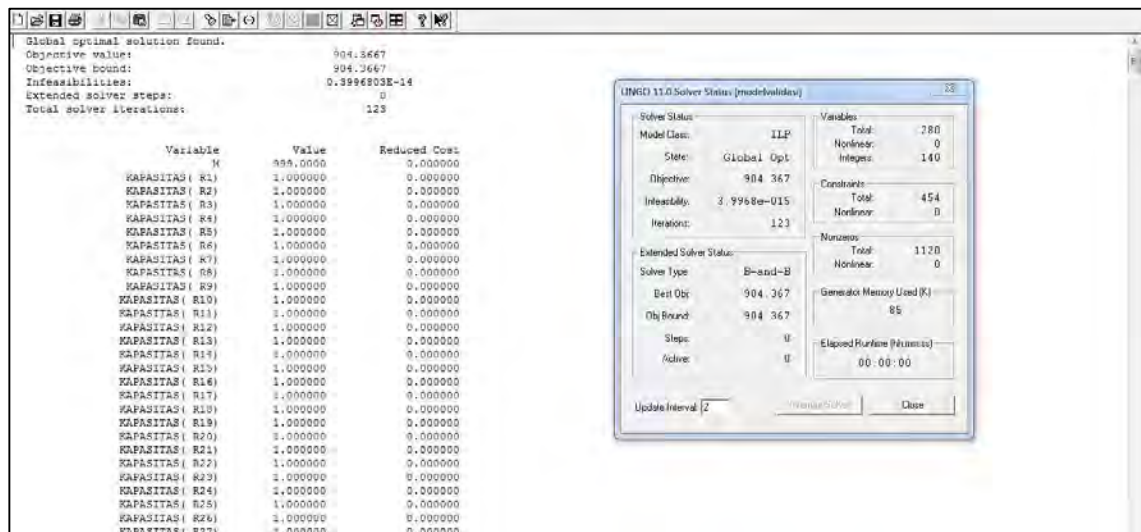
Jarak =
7.9 10.8 13.6 16.4 19.3 22.1 24.9 17.5 20.4 23.2 26 28.9 31.7 34.5 27.2 30.1 32.9 35.7

Frekuensi = 14 2 10 7 5;

S = 4 5 10 6 3;
Enddata
End

```

Gambar 5. 1 Coding Model Optimasi 1 pada Software LINGO 11.0



Global optimal solution found.

Objective value: 904.3667
Objective bound: 904.3667
Infeasibilities: 0.3996803E-14
Extended solver steps: 0
Total solver iterations: 123

Variable	Value	Reduced Cost
M	999.0000	0.000000
KAPASITAS (R1)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R2)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R3)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R4)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R5)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R6)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R7)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R8)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R9)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R10)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R11)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R12)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R13)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R14)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R15)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R16)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R17)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R18)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R19)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R20)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R21)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R22)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R23)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R24)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R25)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R26)	1.000000	0.000000
KAPASITAS (R27)	1.000000	0.000000

UNGO 11.0 Solver Status (mode=runtime)

Solver Status: ILP
Model Class: ILP
State: Global Opt.
Objective: 904.367
Infeasibility: 3.9968e-015
Iterations: 123

Extended Solver Status:
Solver Type: B-and-B
Best Obj: 904.367
Obj Bound: 904.367
Steps: 0
Active: 0

Variables:
Total: 280
Nonlinear: 0
Integer: 140

Constraints:
Total: 454
Nonlinear: 0

Nonzeros:
Total: 1120
Nonlinear: 0

Generators Memory Used (K): 85
Elapsed Runtime (Minutes): 00:00:00

Update Interval: 2

Gambar 5. 2 Output dari Running untuk Uji Coba Model Optimasi Storage Assignment

Output running model menunjukkan total transportasi terjadi dalam gudang raw material untuk aktivitas pengambilan material sebesar 904,367 dan tidak ada error dalam coding yang dibangun tersebut. Output running juga

menunjukkan lokasi penyimpanan tiap palet pada rak. Tabel 5.4 menunjukkan posisi penyimpanan tiap palet *raw material* pada masing-masing rak.

Tabel 5. 4 Posisi Akhir Penyimpanan *Raw Material* pada Tiap Rak

Level 4	M2	M2	M2	M2	M3	M3	M3
Level 3	M2	M3	M3	M3	M3	M3	M4
Level 2	M3	M3	M4	M4	M4	M5	M5
Level 1	M4	M4	M5	M1	M1	M1	M1

Tabel 5.4 di atas menunjukkan bahwa masing-masing palet disimpan pada satu rak. Bila dibandingkan dengan hasil penataan secara manual pada tabel 5.3, terdapat perbedaan di antara keduanya. Perbedaan tersebut yaitu pada lokasi penyimpanan M3, M4, dan M5. Hasil pada tabel 5.3 sudah mempertimbangkan frekuensi aliran tiap *raw material*, dengan kata lain hasil yang ideal adalah sesuai tabel 5.3. Sehingga bila kedua hasil ini dibandingkan dapat disimpulkan bahwa hasil model optimasi *storage assignment* belum mampu menghasilkan hasil akhir yang optimal.

Hasil akhir yang belum optimal pada tabel 5.4 diatas mengindikasikan bahwa model optimasi *storage assignment* yang digunakan belum *valid*. Hal ini disebabkan model optimasi *storage assignment* melihat rasio antara frekuensi aliran *raw material* dengan jumlah palet sebagai pertimbangan penentuan rak penyimpanan. Berikut adalah rasio antara frekuensi aliran *raw material* dengan jumlah palet berdasarkan data tabel 5.1.

Tabel 5. 5 Rasio Frekuensi dengan Jumlah Palet

Kode Material	Juml. Palet	Frekuensi	Frekuensi/Juml. Palet
M1	4	14	3.5
M2	5	2	0.4
M3	10	10	1
M4	6	7	1.167
M5	3	5	1.667

Berdasarkan tabel 5.5 diatas, M1 memiliki rasio yang paling tinggi sehingga *raw material* tersebut diletakkan paling dekat dari pintu keluar. Rasio tertinggi

selanjutnya adalah M5, namun frekuensi dari *raw material* tersebut lebih kecil dari M3. Sedangkan bila diurutkan berdasarkan frekuensi semestinya M3 yang diletakkan dekat dengan pintu keluar setelah M1. Kondisi yang sebaliknya ini disebabkan karena rasio frekuensi dengan jumlah palet milik M5 lebih besar dari M3.

5.2 Model Optimasi *Storage Assignment* Usulan (Pertama)

Kesalahan dari model optimasi sebelumnya adalah belum dapat memperhatikan frekuensi sebagai prioritas dalam penentuan lokasi penyimpanan. Oleh karena itu, untuk memperbaiki hasil akhir dari model optimasi *storage assignment*, akan dilakukan perbaikan dari model tersebut. Model optimasi perbaikan yang diusulkan ini mengacu pada referensi yang sama dengan sedikit penyesuaian pada parameter frekuensi di fungsi tujuan. Berikut adalah model optimasi usulan yang digunakan.

$$\text{Min } Z = \left(\sum_{j=1}^k t_j \left(\sum_{i=1}^m f_i^2 y_{i,j} \right) \right) \quad (\text{modifikasi}) \quad (7)$$

St :

$$\sum_{j=1}^k y_{i,j} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m s_i y_{i,j} \leq \text{Cap}_j \quad \forall j = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

$$y_{i,j} \leq x_{i,j} \leq M y_{i,j} \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \ \& \ \forall j = 1, 2, \dots, k \quad (4)$$

$$x_{i,j} \in (0,1) \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \ \& \ \forall j = 1, 2, \dots, k \quad (5)$$

$$y_{i,j} \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \ \& \ \forall j = 1, 2, \dots, k \quad (6)$$

Dengan :

i: index produk/*raw material* $i = 1, 2, \dots, m$

j: index lokasi/*pallet position* $j = 1, 2, \dots, k$

f_i : frekuensi aliran produk *i*

t_j : jarak antara rak *j* dengan pintu keluar

s_i : jumlah kapasitas palet produk *i*

$y_{i,j}$: rasio produk *i* yang terletak di rak *j*

Cap_j : kapasitas simpan tiap rak *j*

$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{jika palet produk } i \text{ ditempatkan pada lokasi } j \\ 0 & \text{jika tidak} \end{cases}$

Model usulan di atas secara keseluruhan tidak banyak berbeda dari model optimasi awal. Perubahan yang dilakukan hanya pada fungsi tujuan yaitu frekuensi yang dikuadratkan. Tujuan dari pengkuadratan frekuensi tersebut adalah untuk merubah rasio antara frekuensi dengan jumlah palet.

Untuk menguji coba model optimasi usulan tersebut, dilakukan *running* model menggunakan *software* LINGO 11.0. Data *dummy* yang digunakan sama dengan uji coba model sebelumnya. Hasil akhir dari *running* ini akan dibandingkan dengan hasil dari cara manual. Berikut adalah tampilan *coding* model usulan pada *software* LINGO 11.0 dan *output* dari *running* model tersebut.

```

Sets:
Rak/R1..R28/:Kapasitas,Jarak;
Produk/M1..M5/:S,Frekuensi;
Links(Produk,Rak):X,Y;
Endsets

!Objective;
Min = @Sum(Links(i,j):(Jarak(j))*@Sum(Links(i,j):((Frekuensi(i)^2)*Y(i,j))));

!Constraint;
@For(Produk(i):
    @Sum(Rak(j):Y(i,j))=1);
@For(Rak(j):
    @Sum(Produk(i):S(i)*Y(i,j))<=Kapasitas);
@For(Produk(i):
    @For(Rak(j):
        Y(i,j)<=X(i,j);
        X(i,j)<=M*Y(i,j);
        Y(i,j)>=0));

@For(Links:@Bin(X));

Data:
M = 999;

Kapasitas = 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1;

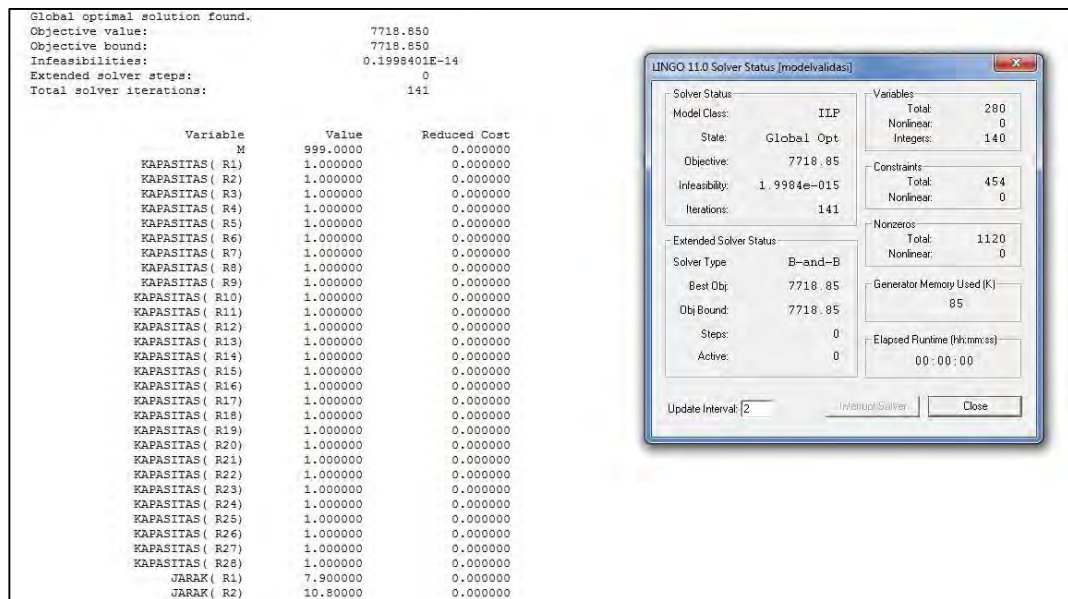
Jarak =
7.9 10.8 13.6 16.4 19.3 22.1 24.9 17.5 20.4 23.2 26 28.9 31.7 34.5 27.2 30.1 32.9

Frekuensi = 14 2 10 7 5;

S = 4 5 10 6 3;
Enddata
End

```

Gambar 5. 3 Coding Model Usulan Optimasi Storage Assignment (Pertama) pada Software Lingo 11.0



Gambar 5. 4 Output Running untuk Model Usulan Storage Assignment(Pertama)

Hasil *running* model usulan diatas menunjukkan total transportasi yang terjadi dalam gudang untuk aktivitas pengambilan material sebesar 7710,85. Selain itu tidak terjadi *error* dalam model yang dibangun tersebut. Posisi penyimpanan akhir tiap palet pada rak berdasarkan *output running* diatas ditunjukkan tabel 5.5 sebagai berikut.

Tabel 5. 6 Posisi Akhir Penyimpanan Raw Material pada Tiap Rak (2)

Level 4	M2	M2	M2	M2	M4	M4	M4
Level 3	M2	M4	M4	M4	M5	M3	M3
Level 2	M5	M5	M3	M3	M3	M3	M3
Level 1	M3	M3	M3	M1	M1	M1	M1

Bila dilakukan perbandingan hasil akhir penataan dari *output running* model pada tabel 5.5 di atas dengan hasil akhir cara manual pada tabel 5.3, terdapat perbedaan dan persamaan dari keduanya. Perbedaan terletak pada posisi penyimpanan M4 dan M5 sedangkan persamaannya terletak pada posisi penyimpanan M3. Hal ini menunjukkan model ini telah mampu memilah prioritas untuk *raw material* yang memiliki frekuensi besar namun hasil akhirnya masih belum optimal.

Berdasarkan hasil akhir *storage assigment* diatas dindikasikan bahwa model optimasi usulan pertama yang digunakan masih belum *valid*. Hal ini

disebabkan oleh rasio antara frekuensi kuadrat aliran dengan jumlah palet *raw material* yang belum sesuai harapan. Berikut adalah rasio antara frekuensi kuadrat dengan jumlah palet pada data yang digunakan untuk uji coba model optimasi usulan pertama.

Tabel 5. 7 Rasio Frekuensi dengan Jumlah Palet (2)

Kode Material	Juml. Palet	Frekuensi	$(\text{Frekuensi})^2/\text{Juml. Palet}$
M1	4	14	49
M2	5	2	0.8
M3	10	10	10
M4	6	7	8.167
M5	3	5	8.33

Pada tabel 5.7 diatas, hasil rasio antara frekuensi dengan jumlah palet berbeda dengan hasil rasio pada subbab sebelumnya. Frekuensi yang dikuadratkan memberikan pengaruh pada hasil rasio tersebut. M3 yang sebelumnya memiliki rasio dibawah M5 kini berada pada urutan kedua setelah M1. Hal ini mengindikasikan adanya perbaikan pada rasio M3. Namun bila diperhatikan secara keseluruhan, terdapat kejanggalan pada M4 dan M5. Frekuensi M4 lebih besar dari M5, sehingga idealnya M4 memiliki rasio yang lebih besar daripada M5. Ketentuan ini bertujuan untuk menghasilkan total transportasi yang minimum pada aktivitas *order-picking*.

5.3 Model Optimasi *Storage Assignment* Usulan (Kedua)

Berdasarkan hasil akhir dari *running* usulan model pertama, perubahan parameter frekuensi yang dikuadratkan ternyata belum memberikan hasil yang optimal. Hal ini mungkin dikarenakan model tersebut masih belum bisa memprioritaskan *raw material* berdasarkan besar frekuensi secara keseluruhan data. Untuk memperbaiki model usulan pertama, akan dilakukan percobaan dengan kembali meningkatkan parameter frekuensi menjadi pangkat tiga. Percobaan ini diharapkan dapat menghasilkan rasio antara frekuensi dengan jumlah palet yang lebih baik. Berikut adalah model perbaikan dari model usulan sebelumnya.

$$\text{Min } Z = \left(\sum_{j=1}^k t_j \left(\sum_{i=1}^m f_i^3 y_{i,j} \right) \right) \quad (\text{modifikasi}) \quad (1)$$

St :

$$\sum_{j=1}^k y_{i,j} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m s_i y_{i,j} \leq \text{Cap}_j \quad \forall j = 1, 2, \dots, k \quad (3)$$

$$y_{i,j} \leq x_{i,j} \leq M y_{i,j} \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \ \& \ \forall j = 1, 2, \dots, k \quad (4)$$

$$x_{i,j} \in (0,1) \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \ \& \ \forall j = 1, 2, \dots, k \quad (5)$$

$$y_{i,j} \geq 0 \quad \forall i = 1, 2, \dots, m \ \& \ \forall j = 1, 2, \dots, k \quad (6)$$

Dengan :

i : index produk/*raw material* $i = 1, 2, \dots, m$

j : index lokasi/*pallet position* $j = 1, 2, \dots, k$

f_i : frekuensi aliran produk i

t_j : jarak antara rak j dengan pintu keluar

s_i : jumlah kapasitas palet produk i

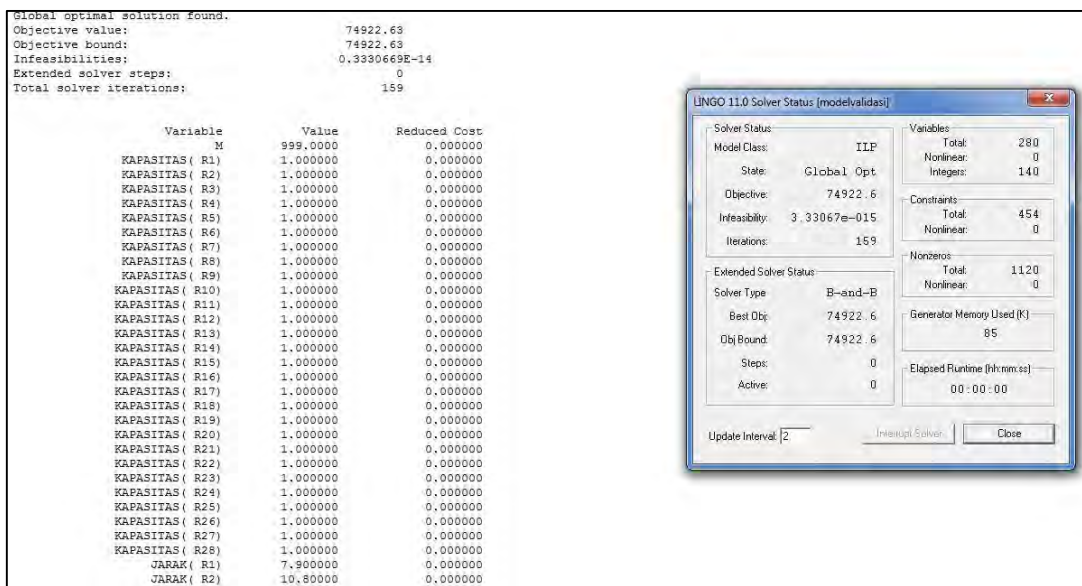
$y_{i,j}$: rasio produk i yang terletak di rak j

Cap_j : kapasitas simpan tiap rak j

$x_{i,j} \begin{cases} 1 & \text{jika palet produk } i \text{ ditempatkan pada lokasi } j \\ 0 & \text{jika tidak} \end{cases}$

Model optimasi usulan kedua diatas sama seperti model optimasi usulan sebelumnya yaitu dengan memodifikasi parameter frekuensi pada fungsi tujuan. Tujuan dari modifikasi frekuensi ini adalah untuk memperbesar nilai frekuensi agar rasio nya dengan jumlah palet berubah. Perubahan yang diharapkan adalah besarnya rasio sesuai dengan nilai frekuensi tiap *raw material*. Sehingga semakin besar frekuensi *raw material* maka semakin besar pula rasio yang dihasilkan.

Uji coba akan dilakukan dengan menterjemahkan model tersebut pada *software* LINGO 11.0. Data *dummy* yang digunakan tetap sesuai pada tabel 5.1 dan 5.2, dan akan kembali dilakukan perbandingan hasil akhir *running* dengan hasil dari cara manual. Berikut adalah *output* dari *running* model optimasi usulan kedua.



Gambar 5. 5 Hasil Running untuk Model Usulan (Kedua)

Pada hasil *running* diatas ditunjukkan total transportasi pada gudang *raw material* sebesar 74922,6. Hasil jumlah total transportasi menjadi lebih besar dari hasil *running* model usulan sebelumnya disebabkan adanya pangkat tiga pada parameter frekuensi. Disamping itu, tidak terjadi *error* dalam model yang dibangun. Tabel 5.6 menunjukkan hasil akhir posisi penyimpanan *raw material* pada rak.

Tabel 5. 8 Posisi Akhir Penyimpanan Raw Material pada Tiap Rak (3)

Level 4	M2	M2	M2	M2	M5	M5	M4
Level 3	M2	M5	M4	M4	M4	M3	M3
Level 2	M4	M4	M3	M3	M3	M3	M3
Level 1	M3	M3	M3	M1	M1	M1	M1

Hasil akhir *running* model pada tabel 5.6 diatas jika diperhatikan posisi penyimpanan tiap *raw material* nya, semuanya sesuai dengan hasil penataan posisi penyimpanan dengan cara manual (**lihat tabel 5.3**). Semua *raw material* telah ditempatkan pada rak yang tepat. Posisi M4 dan M5 yang pada model optimasi usulan sebelumnya masih bermasalah, telah dipindahkan pada rak penyimpanan yang tepat. M4 memiliki frekuensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan M5, sehingga semestinya M4 disimpan lebih dekat daripada M5.

Kecocokan kedua hasil ini mengindikasikan bahwa model optimasi usulan kedua ini telah sesuai ketentuan. Ketentuan yang dimaksud adalah adanya prioritas material yang memiliki frekuensi lebih tinggi untuk disimpan pada rak yang

jaraknya lebih dekat dengan pintu keluar. Prioritas ini digambarkan oleh besarnya rasio yang telah sesuai dengan besarnya frekuensi masing-masing *raw material*. Berikut adalah rasio antara frekuensi pangkat tiga dengan jumlah palet pada data yang digunakan untuk uji coba model optimasi usulan kedua.

Tabel 5. 9 Rasio Frekuensi dengan Jumlah Palet (3)

Kode Material	Juml. Palet	Frekuensi	$(\text{Frekuensi})^3/\text{Juml. Palet}$
M1	4	14	686
M2	5	2	1.6
M3	10	10	100
M4	6	7	57.16
M5	3	5	41.67

Bila dibandingkan dengan hasil rasio pada subbab sebelumnya, hasil rasio pada tabel 5.9 diatas menunjukkan bahwa besarnya frekuensi berbanding lurus dengan besarnya rasio. Frekuensi paling besar memiliki rasio paling besar, dan semakin kecil frekuensi semakin kecil pula rasionya. Hal ini akan berdampak pada hasil penataan posisi *raw material* seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.8. Pada tabel tersebut ditunjukkan bahwa *raw material* yang memiliki frekuensi tinggi diletakkan di rak yang lebih dekat dengan pintu keluar. Sedangkan semakin kecil frekuensi nya, *raw material* tersebut semakin diletakkan berjauhan dengan pintu keluar.

Berdasarkan analisis diatas, didapatkan bahwa dengan pengembangan model yang dilakukan maka akan menghasilkan hasil yang lebih optimal dibandingkan model optimasi usulan sebelumnya. Ketentuan *raw material* yang lebih tinggi frekuensi nya lebih diletakkan lebih dekat dengan pintu keluar dan seterusnya, juga terpenuhi.

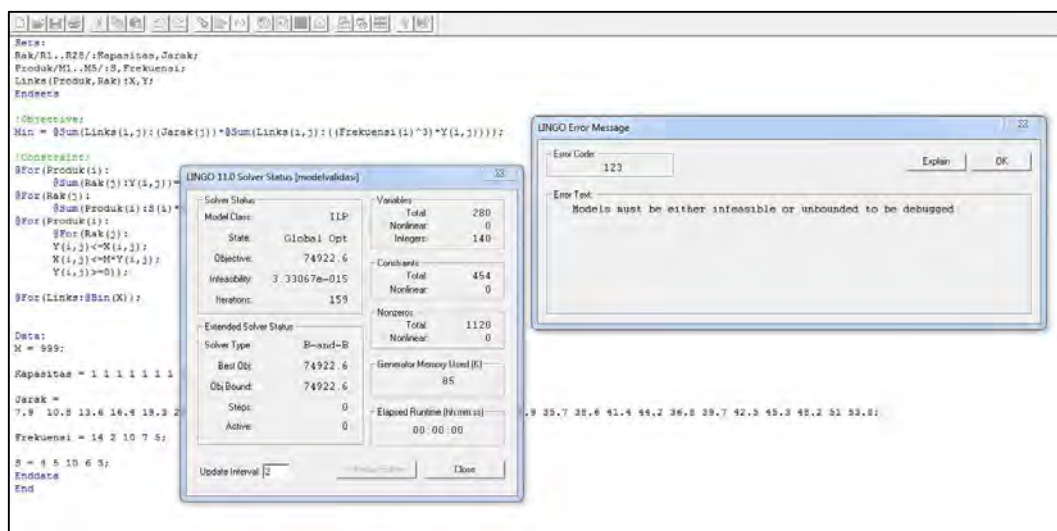
5.4 Verifikasi dan Validasi Model

Verifikasi dan validasi merupakan tahap pengecekan kesesuaian model matematis dengan logika dan kondisi sistem nyata. Model yang akan diverifikasi dan divalidasi adalah model optimasi usulan kedua pada subbab sebelumnya. Verifikasi adalah pengecekan model untuk mengetahui kesesuaian model terhadap

logika atau struktur yang diinginkan oleh pembuat model. Validasi merupakan pengecekan kesesuaian model terhadap kondisi riil.

5.4.1 Verifikasi Model

Verifikasi model dilakukan untuk mengecek konsistensi model terhadap kondisi-kondisi yang diinginkan. Tahap verifikasi yang pertama dilakukan dengan melakukan *debug* pada model yang diterjemahkan dalam *coding* pada *software* LINGO 11.0. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa model memiliki solusi yang layak. Gambar 5.6 berikut menunjukkan hasil *debug* bahwa model yang dibangun dalam *software* LINGO telah layak dan memiliki solusi global optimum.



Gambar 5. 6 Hasil Debug Verifikasi Model

5.4.2 Validasi Model

Validasi dilakukan dengan *running* model yang telah dibangun pada *software* LINGO 11.0 dengan menggunakan data buatan untuk melihat kesesuaian hasil dengan kondisi riil. Validasi model sebelumnya telah dilakukan pada subbab 5.3 dan ditunjukkan hasilnya pada tabel 5.8.

Pada kondisi riil, penyimpanan material pada gudang *raw material* PT X dibedakan menjadi *fast moving item* dan *slow moving item*. *Fast moving item* umumnya diletakkan lebih dekat dengan pintu keluar, sedangkan *slow moving item* cenderung diletakkan lebih jauh dari pintu keluar. Berdasarkan hasil *running* model pada tabel 5.8, ditunjukkan bahwa material M1 dan M3 (*fast moving item*) ditempatkan pada rak yang cenderung lebih dekat pintu keluar bila dibandingkan

dengan material M2, M4, dan M5 (*slow moving item*). Sehingga, dapat disimpulkan bahwa model matematis tersebut (**lihat subbab 5.3**) telah *valid*.

5.5 Eksperimen dan Pencarian Solusi

Setelah model matematis telah terverifikasi dan valid, dilakukan eksperimen dengan menggunakan data yang telah dikumpulkan pada bab 4. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan *software* LINGO 11.0 dan hasil *running* akan direkap dalam bentuk *layout* penyimpanan material pada *software* Microsoft Excel 2013.

5.5.1 Eksperimen Model untuk Gudang *Raw Material Section 1*

Eksperimen model dibagi menjadi dua yaitu untuk gudang *raw material section 1* dan *section 2*. Perbedaan keduanya hanya pada data yang digunakan. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan jenis *raw material* yang disimpan dan jumlah rak yang tersedia. Pada gudang *raw material section 1* terdapat 252 rak dengan masing-masing mampu menyimpan 2 palet material. *Coding script* yang dimasukkan pada *software* LINGO 11.0 tidak berbeda dengan *script* pada subbab sebelumnya. Untuk lebih lengkap *coding script* eksperimen ini dapat dilihat pada **lampiran 2**. Gambar 5.7 adalah *output* dari *running* model pada eksperimen model untuk gudang *raw material section 1*.



Gambar 5. 7 *Output Running Model Eksperimen Gudang Raw Material Section 1*

Total jumlah transportasi yang terjadi dalam gudang *raw material section* 1 berdasarkan gambar 5.7 diatas adalah 15.359.500 dengan jumlah rak yang digunakan sebanyak 123 rak. Nilai objektif pada *output* LINGO ini sangat tinggi karena pada fungsi tujuan parameter frekuensi pangkat tiga. Namun, yang perlu diperhatikan adalah hasil *layout* penyimpanan material pada masing-masing rak penyimpanan. Hasil rekap *layout* penyimpanan material pada gudang *raw material section* 1 dapat dilihat pada **lampiran 4**.

5.5.2 Eksperimen Model untuk Gudang Raw Material Section 2

Pada eksperimen untuk gudang *raw material section* 2, material yang akan dicari solusi lokasi penyimpanannya adalah material cairan kimia. Jumlah rak yang tersedia sebanyak 455 rak dengan kapasitas masing-masing rak 2 palet. Namun pada rak nomor 68 dan 69, mulai level 1 hingga 5 hanya memiliki kapasitas simpan 1 palet saja. *Coding script* yang digunakan pada eksperimen ini dapat dilihat pada **lampiran 2**. Gambar 5.8 adalah *output* dari *running* model pada LINGO 11.0.



Gambar 5. 8 *Output Running Model Eksperimen Gudang Raw Material Section 2*

Berdasarkan hasil *running* model dengan *software* LINGO 11.0 diatas, didapatkan bahwa total jumlah transportasi yang terjadi didalam gudang *raw material section 2* adalah 6.426.430.000 dengan jumlah rak yang digunakan yaitu 348 rak. Rekap *layout* penyimpanan material dapat dilihat pada **lampiran 4**.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

ANALISIS DAN INTERPRETASI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis model optimasi *storage assignment*, analisis kondisi eksisting, analisis hasil *storage assignment* gudang *raw material section 1*, analisis hasil *storage assignment* gudang *section 2*, dan analisis hasil perhitungan.

6.1 Analisis Dedicated-Undedicated Area, Rak, dan Palet

Pada penelitian tugas akhir ini kebijakan penyimpanan *dedicated* digunakan pada area gudang dan palet. *Dedicated* area gudang yang dimaksud adalah hanya terdapat dua area penyimpanan yaitu gudang *section 1* untuk *raw material* bubuk (*bulk*) dan gudang *section 2* untuk *raw material* cairan kimia (*liquid*). Sedangkan *dedicated* palet yang dimaksud adalah tiap *raw material* selalu disimpan dalam palet. Tiap *raw material* memiliki kuantitas simpan pada palet yang berbeda-beda, dan tidak boleh ada *raw material* berbeda yang dicampur pada satu palet. Sehingga meskipun satu palet tidak terisi penuh oleh *raw material* tertentu akan tetap dihitung berukuran 1 palet.

Kebijakan penyimpanan *undedicated* pada penelitian tugas akhir ini digunakan pada rak penyimpanan. *Undedicated* tersebut yaitu tidak ada rak tertentu yang khusus didedikasikan untuk *raw material* tertentu. Sehingga dalam satu baris rak, yang terdiri dari 4 level ketinggian, terdapat kemungkinan untuk menyimpan beberapa macam *raw material* didalamnya.

6.2 Analisis Hasil Model Optimasi Storage Assignment

Pada subbab ini akan dijelaskan tentang analisis hasil *storage assignment* gudang *raw material section 1* dan analisis *storage assignment* gudang *raw material section 2*.

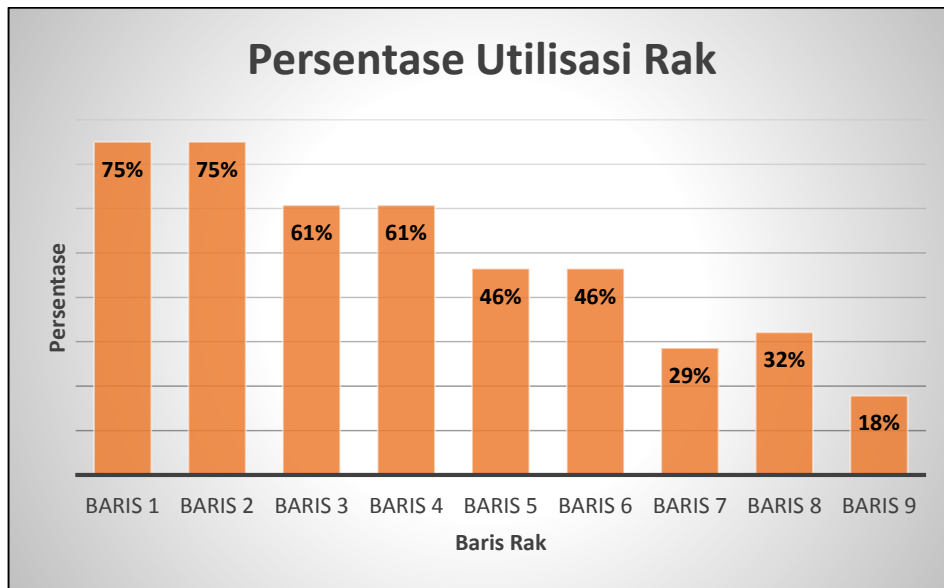
6.2.1 Analisis Hasil Storage Assignment Gudang Raw Material Section 1

Layout rak penyimpanan pada gudang *raw material section 1* terbagi menjadi 9 baris rak. Tiap baris rak tersebut masing-masing memiliki 4 level ketinggian. Eksperimen yang dilakukan pada gudang *raw material section 1*

menghasilkan *storage assignment* untuk 2 jenis *raw material*, yaitu *fast moving item* dan *slow moving item*. Berikut akan ditunjukkan hasil optimasi *storage assignment* dan persentase utilisasi rak penyimpanan pada gudang *raw material section 1*.

Level 4								baris 9
Level 3								
Level 2							M5	
Level 1				M13M29	2M1	2M33	2M26	
Level 4								baris 8
Level 3								
Level 2					2M19	M20M46	2M22	
Level 1		M2M3	2M38	2M33	2M26	2M31	2M35	
	-							
	-							
	-							
	-							
Level 4						M10M17	M36M39	baris 2
Level 3			M8M25	2M48	M26M33	2M28	2M31	
Level 2	2M33	2M26	2M31	2M31	2M35	2M35	2M35	
Level 1	M31M35	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	
Level 4						M21M40	M39M47	baris 1
Level 3			M23M24	M32M34	2M33	2M28	2M31	
Level 2	M22M41	2M26	2M31	2M31	2M35	2M35	2M35	
Level 1	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	
								keluar

Gambar 6. 1 Hasil Optimasi *Storage Assignment* pada Gudang *Raw Material Section 1*



Gambar 6. 2 Persentase Utilisasi Rak pada Gudang *Raw Material Section 1*

Hasil optimasi *storage assignment* pada gudang *raw material section 1* dapat dilihat secara lengkap pada **lampiran 4**. Warna biru pada gambar 6.1 diatas menunjukkan *fast moving item*, sedangkan warna hijau menunjukkan *slow moving item*. Selain itu, grafik pada gambar 6.2 diatas merupakan utilisasi *raw material* pada rak yang dihitung per baris rak. Sesuai dengan hasil optimasi pada gambar 6.1, bahwa pada gudang *raw material section 1* masih terdapat beberapa rak yang memang tidak digunakan untuk menyimpan *raw material*. Sehingga pada tiap baris rak tidak ada yang memiliki utilitas rak hingga 100%.

Storage assignment pada gudang *raw material section 1* tersebut menghasilkan penataan *raw material* yang acak. Dengan kata lain kebijakan penyimpanan yang digunakan adalah *random storage policy*. Kondisi ini disebabkan karena adanya faktor jarak tempuh dari tiap rak ke pintu keluar. Model optimasi yang digunakan memilih rak mana yang akan digunakan dengan pertimbangan dari jarak tempuh nya. Tabel dibawah ini menunjukkan hasil perhitungan total jarak tempuh *material handling* untuk mengambil tiap *raw material*.

Tabel 6. 1 Contoh Hasil Perhitungan Total Jarak Tempuh tiap Raw Material

<i>Raw Material</i>	Juml. Palet	Total Jarak Tempuh
MB01	2	72.5
MB02	1	39.1

<i>Raw Material</i>	Juml. Palet	Total Jarak Tempuh
MB03	1	97.4
MB04	1	38.6
MB05	1	40.2
MB06	1	39.1
.	.	.
.	.	.
.	.	.
MB43	1	40.2
MB44	2	86.1
MB45	1	49.9
MB46	6	192.5
MB47	1	36.8
MB48	6	200.7

Perhitungan total jarak tempuh yang lengkap dapat dilihat pada **lampiran 5**. Cara menghitung total jarak tempuh yaitu dengan menjumlahkan semua jarak masing-masing *raw material* yang disimpan pada rak yang berbeda-beda. Total jarak tempuh paling besar adalah pada MB35 yaitu 1348,1 meter (**lihat lampiran 5**). *Raw material* MB35 sendiri memiliki jumlah palet yang paling banyak disimpan pada gudang *raw material section 1*. Banyaknya palet yang disimpan ini juga menandakan bahwa *raw material* tersebut tergolong dalam *fast moving item*. Hal ini disebabkan oleh banyaknya permintaan untuk *raw material* tersebut, sehingga aktivitas *inbound-outbound* nya di gudang pun berlangsung cepat..

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, *raw material* dengan frekuensi lebih besar akan diletakkan pada rak yang lebih dekat dengan pintu keluar dan seterusnya. Namun pada hasil *storage assignment* pada gudang *raw material section 1* dapat diperhatikan bahwa terdapat sedikit ketidak sesuaian. Hal ini terjadi pada MB28, yang mana merupakan *fast moving item* dengan frekuensi paling kecil namun justru diletakkan pada rak baris 1 dan 2 (rak level 3). Padahal masih terdapat *raw material* yang termasuk *fast moving item* lainnya dengan frekuensi lebih besar, akan tetapi justru disimpan lebih jauh. Salah satu contohnya adalah MB33 (**lihat lampiran 4**).

Kondisi tersebut terjadi karena model optimasi lebih memilih MB28 yang hanya akan menyimpan 4 palet *raw material* dengan frekuensi aliran *raw material*

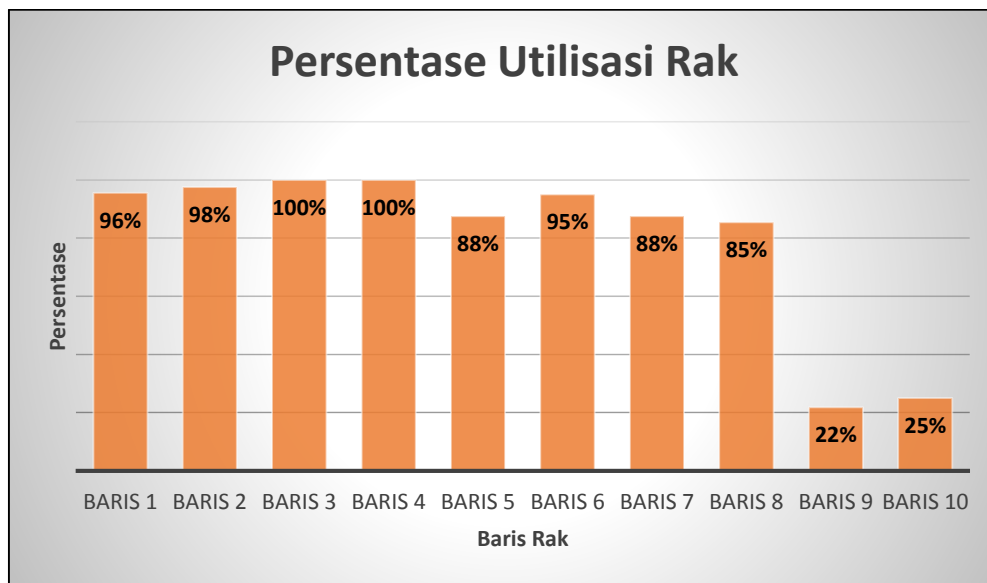
nya sebanyak 20 kali. Jika dibandingkan dengan MB33, rasio antara frekuensi dengan jumlah palet yang dimiliki oleh MB28 adalah lebih besar. Itulah mengapa model optimasi lebih memilih MB28 untuk didekatkan. Meskipun demikian, hal ini tidak berpengaruh secara besar dikarenakan jumlah palet nya yang disimpan hanya sedikit bila dibanding dengan *fast moving item* lainnya.

6.2.2 Analisis Hasil *Storage Assignment* Gudang *Raw Material Section 2*

Gudang *raw material section 2* memiliki 10 baris rak penyimpanan dengan ketinggian masing-masing rak yaitu 5 level. Sama seperti pada hasil *storage assignment* gudang sebelumnya, *fast moving item* mendominasi okupansi rak penyimpanan pada gudang *raw material section 2*. Berikut akan ditunjukkan hasil optimasi *storage assignment* dan utilitasi rak penyimpanan pada gudang *raw material section 2*.

Level 5	2M45	2M45	2M45	2M28	M1M16	M7M29	M36M37		baris 2
Level 4	2M44	2M10	2M10	2M10	2M45	2M45	2M45	2M28	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 5	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	baris 3
Level 4	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
keluar									
Level 5	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	baris 4
Level 4	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
.									
.									
.									
Level 5	2M28	M1M11	M2M6						baris 7
Level 4	2M10	2M45	2M45	2M45	M27M28	2M1	2M17	M18M24	
Level 3	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10	2M45	2M45	2M45	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	2M10	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	

Gambar 6. 3 Hasil Optimasi *Storage Assignment* pada Gudang *Raw Material Section 2*



Gambar 6. 4 Persentase Utilisasi Rak pada Gudang *Raw Material Section 2*

Hasil optimasi *storage assignment* gudang *raw material section 2* yang lengkap dapat dilihat pada **lampiran 4**. Berbeda dengan hasil optimasi *storage assignment* pada gudang sebelumnya, pada gudang ini utilisasi rak secara keseluruhan hampir semua lebih dari 85% kecuali pada baris rak ke-9 dan ke-10. Bahkan pada baris rak ke-3 dan ke-4 utilisasi nya mencapai 100% dimana *raw material* yang disimpan hanya ML42.

Pada gudang *raw material section 2* ini, *fast moving item* sangat dominan dibandingkan *slow moving item*. Dominasi tersebut terutama oleh *raw material* ML42 yang mana okupansinya mulai dari baris rak ke-1 hingga ke-8. Hal ini juga yang menyebabkan baris rak ke-9 dan ke-10 utilisasi nya lebih kecil bila dibandingkan dengan yang lain.

Gudang *raw material section 2* lokasi nya terletak disebelah gudang *raw material section 1*. Sehingga untuk menuju pintu keluar ke gudang *dispensing, material handling* harus melewati gudang *raw material section 1* terlebih dahulu. Oleh karena itu, perhitungan jarak tempuh ke masing-masing rak nya menjadi lebih jauh. Berikut merupakan hasil perhitungan total jarak tempuh *material handling* untuk mengambil tiap *raw material* pada gudang ini.

Tabel 6. 2 Hasil Perhitungan Total Jarak Tempuh tiap *Raw Material* (2)

<i>Raw Material</i>	Juml. Palet	Total Jarak Tempuh (m)
MB01	7	726.3
MB02	1	106.5
MB03	1	104.8
MB04	3	315.6
MB05	1	107.6
MB06	1	106.5
.	.	.
.	.	.
.	.	.
MB42	393	26025.2
MB43	1	108.3
MB44	22	1885.0
MB45	92	8207.4
MB46	1	106.5
MB47	1	104.8

Hasil perhitungan total jarak tempuh yang lebih lengkap dapat dilihat di **lampiran 5**. Gudang *raw material section 2* ini memiliki alur rute pengambilan *raw material* yang berbeda dibandingkan dengan gudang sebelumnya. Alur rute pengambilan *raw material* pada kedua gudang dapat dilihat pada **lampiran 6**.

Bila diperhatikan pada hasil perhitungan total jarak diatas, *raw material* ML42 memiliki total jarak yang paling besar, yaitu 26025,2 meter. Nilai yang sangat besar ini menandakan bahwa ML42 yang disimpan dalam gudang sangatlah banyak dan tersebar ke seluruh rak penyimpanan. Nilai tersebut sudah optimal karena jika ditinjau dari hasil optimasi *storage assignment* (**lihat lampiran 4**), semua ML42 diletakkan pada rak yang jaraknya dianggap lebih dekat dengan pintu keluar. Sedangkan untuk *raw material* yang termasuk *fast moving item* lainnya, mengikuti setelah semua ML42 selesai diletakkan.

Berbeda dengan *raw material* yang tergolong *slow moving item*. Tiap *raw material* jenis ini memiliki jumlah palet yang rata-rata hampir sama. Namun, model optimasi tetap menggunakan pertimbangan prioritas rasio antara frekuensi dengan jumlah palet pada proses pemilihan rak. Selain itu, karena terdapat *raw material* yang hanya menyimpan 1 palet saja, sehingga dimungkinkan pada 1 rak ditempati oleh 2 *raw material* yang berbeda.

Meskipun hasil dari optimasi *storage assignment* telah dianggap optimal, terdapat sedikit ketidaksesuaian pada optimasi *storage assignment* yang dihasilkan. MB44 yang secara prioritas frekuensi semestinya diletakkan pada rak yang lebih jauh dari MB10, namun yang terjadi sebaliknya. Hal ini disebabkan oleh rasio antara frekuensi dan jumlah palet yang dimiliki MB44 lebih besar dari MB10. Hasil rasio yang lebih besar ini diakibatkan jumlah palet MB44 yang akan disimpan hanya sebanyak 22 palet.

Kondisi diatas dapat dirubah dengan mengubah rasio MB44 menjadi lebih kecil dari MB10. Solusinya adalah dengan menambah jumlah palet MB44 atau dengan mengurangi jumlah palet MB10. Perlakuan ini akan menyebabkan perubahan rasio MB44 atau MB10 sehingga prioritas peletakan *raw material* pada palet dapat berubah.

6.3 Analisis Perbandingan Kondisi Eksisting dan Hasil Model Optimasi *Storage Assignment*

Perbandingan kondisi eksisting dengan hasil *storage assignment* hanya dapat dilakukan pada gudang *raw material section 1*. Hal ini dikarenakan *layout* gudang *raw material section 2* yang digunakan pada eksperimen berbeda dengan kondisi *layout* gudang saat ini. Pada kondisi eksisting, penataan pada gudang *raw material* PT X menerapkan *mixed storage policy*. Tiap *raw material* telah didedikasikan pada sejumlah rak tertentu untuk menyimpan palet. Namun jika pada kondisi kapasitas rak yang didedikasikan telah penuh, palet akan disimpan di tempat lain. Sedangkan untuk penentuan rak mana yang akan didedikasikan untuk menyimpan *raw material*, pemilihan rak mana dan baris rak seberapa tidak terdapat ketentuan khusus.

Berbeda dengan hasil *storage assignment* yang dilakukan. Kebijakan penyimpanan yang diterapkan adalah *random storage policy*. Hal ini dikarenakan model optimasi memilih rak penyimpanan berdasarkan jarak nya dari pintu keluar. Selain itu, tiap *raw material* telah didedikasikan pada rak penyimpanannya masing-masing berdasarkan besarnya frekuensi. Berikut adalah contoh perbandingan *storage assignment* pada kondisi eksisting dengan hasil model optimasi untuk *raw material* MB26 dan MB46 pada gudang *raw material section 1*.

Tabel 6. 3 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Hasil Optimasi

Raw Material	Eksisting		Hasil Optimasi	
	No. Rak	Jarak (m)	No. Rak	Jarak (m)
MB26	57 (level 1)	30.6	6 (level 1)	31.7
	58 (level 1)	33.4	13 (level 1)	31.7
	59 (level 1)	36.3	18 (level 1)	31.7
	60 (level 2)	48.7	21 (level 2)	30.6
	61 (level 2)	51.5	25 (level 1)	31.7
	62 (level 2)	54.4	28 (level 2)	30.6
	Total	254.9	Total	188
MB46	57 (level 2)	40.2	39 (level 2)	37.4
	58 (level2)	43	44 (level 2)	37.4
	59 (level 2)	45.9	51 (level 2)	37.4
	Total	129.1	Total	112.2

Pada contoh kondisi eksisting diatas, sampel yang diambil adalah rak penyimpanan pada baris ke-9 (paling jauh dari pintu keluar). Pada baris rak tersebut, *raw material* yang disimpan adalah MB26 dan MB46. Berdasarkan perbandingan *storage assignment* pada tabel 6.1 diatas didapatkan bahwa *storage assignment* hasil optimasi memiliki total jarak yang lebih kecil dibandingkan dengan kondisi eksisting pada gudang *raw material section 1*.

Dari perbandingan kedua *raw material* tersebut ditunjukkan bahwa terdapat perbaikan yang dilakukan oleh *storage assignment* hasil optimasi dibandingkan dengan kondisi eksisting. Perbedaan total jarak tersebut disebabkan karena pada kondisi eksisting pemilihan rak tidak mempertimbangkan jarak rak tersebut dari pintu keluar. Selain itu tidak ada pertimbangan *raw material* yang frekuensinya tinggi diletakkan pada rak yang lebih dekat dengan pintu keluar pada aplikasi di lapangan.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN 1A

Penomoran dan Level Rak Penyimpanan Gudang *RM Section 1*

<i>Level 1</i>	R63	R62	R61	R60	R59	R58	R57
<i>Level 2</i>	R63	R62	R61	R60	R59	R58	R57
<i>Level 3</i>	R63	R62	R61	R60	R59	R58	R57
<i>Level 4</i>	R63	R62	R61	R60	R59	R58	R57
<i>Level 4</i>	R56	R55	R54	R53	R52	R51	R50
<i>Level 3</i>	R56	R55	R54	R53	R52	R51	R50
<i>Level 2</i>	R56	R55	R54	R53	R52	R51	R50
<i>Level 1</i>	R56	R55	R54	R53	R52	R51	R50

<i>Level 1</i>	R49	R48	R47	R46	R45	R44	R43
<i>Level 2</i>	R49	R48	R47	R46	R45	R44	R43
<i>Level 3</i>	R49	R48	R47	R46	R45	R44	R43
<i>Level 4</i>	R49	R48	R47	R46	R45	R44	R43
<i>Level 4</i>	R42	R41	R40	R39	R38	R37	R36
<i>Level 3</i>	R42	R41	R40	R39	R38	R37	R36
<i>Level 2</i>	R42	R41	R40	R39	R38	R37	R36
<i>Level 1</i>	R42	R41	R40	R39	R38	R37	R36

<i>Level 1</i>	R35	R34	R33	R32	R31	R30	R29
<i>Level 2</i>	R35	R34	R33	R32	R31	R30	R29
<i>Level 3</i>	R35	R34	R33	R32	R31	R30	R29
<i>Level 4</i>	R35	R34	R33	R32	R31	R30	R29
<i>Level 4</i>	R28	R27	R26	R25	R24	R23	R22
<i>Level 3</i>	R28	R27	R26	R25	R24	R23	R22
<i>Level 2</i>	R28	R27	R26	R25	R24	R23	R22
<i>Level 1</i>	R28	R27	R26	R25	R24	R23	R22

<i>Level 1</i>	R21	R20	R19	R18	R17	R16	R15
<i>Level 2</i>	R21	R20	R19	R18	R17	R16	R15
<i>Level 3</i>	R21	R20	R19	R18	R17	R16	R15
<i>Level 4</i>	R21	R20	R19	R18	R17	R16	R15
<i>Level 4</i>	R14	R13	R12	R11	R10	R9	R8
<i>Level 3</i>	R14	R13	R12	R11	R10	R9	R8
<i>Level 2</i>	R14	R13	R12	R11	R10	R9	R8
<i>Level 1</i>	R14	R13	R12	R11	R10	R9	R8

<i>Level 4</i>	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1
<i>Level 3</i>	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1
<i>Level 2</i>	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1
<i>Level 1</i>	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1

*pintu
keluar*

Penomoran dan Level Rak Penyimpanan Gudang *RM Section 2*

84

LAMPIRAN 2A

Coding Script Eksperimen Model untuk Gudang RM Section 2

```
Sets:
Rak/R1..R252/:Kapasitas,Jarak;
Produk/M1..M48/:S,Frekuensi;
Links(Produk,Rak):X,Y;
Endsets

!Objective;
Min =
@Sum(Links(i,j):((Jarak(j))*@Sum(Links(i,j):((Frekuensi(i)^3)*Y(i,
j)))));

!Constraint;
@For(Produk(i):
    @Sum(Rak(j):Y(i,j))=1);
@For(Rak(j):
    @Sum(Produk(i):S(i)*Y(i,j))<=Kapasitas);
@For(Produk(i):
    @For(Rak(j):
        Y(i,j)<=X(i,j);
        X(i,j)<=M*Y(i,j);
        Y(i,j)>=0));

@For(Links:@Bin(X));

Data:
M = 999;
Jarak=@ole('E:\AKADEMIK\SERBA SERBI TUGAS AKHIR\BAB 5\ole
coba.xlsx','Jarakfix');
Frekuensi=@ole('E:\AKADEMIK\SERBA SERBI TUGAS AKHIR\BAB 5\ole
coba.xlsx','Frekuensifix');
Kapasitas=@ole('E:\AKADEMIK\SERBA SERBI TUGAS AKHIR\BAB 5\ole
coba.xlsx','Kapasitasfix');
S=@ole('E:\AKADEMIK\SERBA SERBI TUGAS AKHIR\BAB 5\ole
coba.xlsx','Sfix');
Enddata
```

LAMPIRAN 2B

Coding Script Eksperimen Model untuk Gudang RM Section 2

```
Sets:
Rak/R1..R455/:Kapasitas,Jarak;
Produk/M1..M47/:S,Frekuensi;
Links(Produk,Rak):X,Y;
Endsets

!Objective;
Min =
@Sum(Links(i,j):((Jarak(j))*@Sum(Links(i,j):((Frekuensi(i)^3)*Y(i,
j)))));

!Constraint;
@For(Produk(i):
    @Sum(Rak(j):Y(i,j))=1);
@For(Rak(j):
    @Sum(Produk(i):S(i)*Y(i,j))<=Kapasitas);
@For(Produk(i):
    @For(Rak(j):
        Y(i,j)<=X(i,j);
        X(i,j)<=M*Y(i,j);
        Y(i,j)>=0));

@For(Links:@Bin(X));

Data:
M = 999;
Jarak=@ole('E:\AKADEMIK\SERBA SERBI TUGAS AKHIR\BAB 5\ole
coba.xlsx','Jarakfixx');
Frekuensi=@ole('E:\AKADEMIK\SERBA SERBI TUGAS AKHIR\BAB 5\ole
coba.xlsx','Frekuensifixx');
Kapasitas=@ole('E:\AKADEMIK\SERBA SERBI TUGAS AKHIR\BAB 5\ole
coba.xlsx','Kapasitasfixx');
S=@ole('E:\AKADEMIK\SERBA SERBI TUGAS AKHIR\BAB 5\ole
coba.xlsx','Sfixx');
Enddata
```

LAMPIRAN 3A

Hasil Storage Assignment Gudang RM Section 1

Global optimal solution found.

Objective value:	0.1535955E+08
Objective bound:	0.1535955E+08
Infeasibilities:	0.9769963E-14
Extended solver steps:	0
Total solver iterations:	7193

Variable	Value	Reduced Cost
M	999.0000	0.000000
Y(M1, R1)	0.000000	281764.1
Y(M1, R2)	0.000000	237732.9
Y(M1, R3)	0.000000	193701.8
Y(M1, R4)	0.000000	149670.7
Y(M1, R5)	0.000000	105639.6
Y(M1, R6)	0.000000	61608.43
Y(M1, R7)	0.000000	17577.31
Y(M1, R8)	0.000000	132576.2
Y(M1, R9)	0.000000	88545.12
Y(M1, R10)	0.000000	44514.00
Y(M1, R11)	0.000000	12402.93
Y(M1, R12)	0.000000	0.000000
Y(M1, R13)	0.000000	4221.456
Y(M1, R14)	0.000000	0.000000
Y(M1, R15)	0.000000	6758.162
Y(M1, R16)	0.000000	0.000000
Y(M1, R17)	0.000000	1971.456
Y(M1, R18)	0.000000	0.000000
Y(M1, R19)	0.000000	287.5000
Y(M1, R20)	0.000000	641.6667
Y(M1, R21)	0.000000	995.8333

Y(M1, R22)	0.000000	70.83333
Y(M1, R23)	0.000000	425.0000
Y(M1, R24)	0.000000	779.1667
Y(M1, R25)	0.000000	1133.333
.		
.		
.		
Y(M48, R10)	0.000000	132024.9
Y(M48, R11)	0.000000	36079.90
Y(M48, R12)	0.000000	0.000000
Y(M48, R13)	0.000000	12311.80
Y(M48, R14)	0.000000	0.000000
Y(M48, R15)	0.000000	19309.99
Y(M48, R16)	0.000000	0.000000
Y(M48, R17)	0.000000	5726.200
Y(M48, R18)	0.000000	0.000000
Y(M48, R19)	0.000000	1450.667
Y(M48, R20)	0.000000	2901.333
Y(M48, R21)	0.000000	4352.000
Y(M48, R22)	0.000000	563.2000
Y(M48, R23)	0.000000	2013.867
Y(M48, R24)	0.000000	3464.533
Y(M48, R25)	0.000000	4915.200
Y(M48, R26)	0.000000	6365.867
Y(M48, R27)	0.000000	7816.533
Y(M48, R28)	0.000000	9267.200
Y(M48, R29)	0.000000	841683.6
Y(M48, R30)	0.000000	709978.4
Y(M48, R31)	0.000000	578273.2
Y(M48, R32)	0.000000	446568.0
Y(M48, R33)	0.000000	314862.7
Y(M48, R34)	0.000000	183157.5

Y(M48, R35)	0.000000	51452.33
Y(M48, R36)	0.000000	395435.3
Y(M48, R37)	0.000000	263730.1
Y(M48, R38)	0.000000	132024.9
Y(M48, R39)	0.000000	36079.90
Y(M48, R40)	0.000000	0.000000
Y(M48, R41)	0.000000	12311.80
Y(M48, R42)	0.000000	0.000000
Y(M48, R43)	0.000000	19309.99
Y(M48, R44)	0.000000	0.000000
Y(M48, R45)	0.000000	5726.200
Y(M48, R46)	0.3333333	0.000000
Y(M48, R47)	0.000000	1450.667
Y(M48, R48)	0.000000	2901.333
Y(M48, R49)	0.000000	4352.000
Y(M48, R50)	0.000000	563.2000
Y(M48, R51)	0.000000	2013.867
Y(M48, R52)	0.000000	3464.533
Y(M48, R53)	0.000000	4915.200
Y(M48, R54)	0.000000	6365.867
Y(M48, R55)	0.000000	7816.533
Y(M48, R56)	0.000000	9267.200
Y(M48, R57)	0.000000	578273.2
Y(M48, R58)	0.000000	446568.0
Y(M48, R59)	0.000000	314862.7
Y(M48, R60)	0.000000	183157.5
Y(M48, R61)	0.000000	51452.33
Y(M48, R62)	0.000000	11856.69
Y(M48, R63)	0.000000	18348.60
Y(M48, R64)	0.000000	132024.9
Y(M48, R65)	0.000000	36079.90
Y(M48, R66)	0.000000	0.000000

Y(M48, R67)	0.000000	12311.80
Y(M48, R68)	0.000000	0.000000
Y(M48, R69)	0.000000	836.2667
Y(M48, R70)	0.000000	2286.933
Y(M48, R71)	0.000000	5726.200
Y(M48, R72)	0.3333333	0.000000
Y(M48, R73)	0.000000	1450.667
Y(M48, R74)	0.000000	2901.333
Y(M48, R75)	0.000000	4352.000
Y(M48, R76)	0.000000	5802.667
Y(M48, R77)	0.000000	7253.333
Y(M48, R78)	0.000000	3464.533
Y(M48, R79)	0.000000	4915.200
Y(M48, R80)	0.000000	6365.867
Y(M48, R81)	0.000000	7816.533
Y(M48, R82)	0.000000	9267.200
Y(M48, R83)	0.000000	10717.87
Y(M48, R84)	0.000000	12168.53
Y(M48, R85)	0.000000	578273.2
Y(M48, R86)	0.000000	446568.0
Y(M48, R87)	0.000000	314862.7
Y(M48, R88)	0.000000	183157.5
Y(M48, R89)	0.000000	51452.33
Y(M48, R90)	0.000000	11856.69
Y(M48, R91)	0.000000	18348.60
Y(M48, R92)	0.000000	132024.9
Y(M48, R93)	0.000000	36079.90
Y(M48, R94)	0.000000	0.000000
Y(M48, R95)	0.000000	12311.80
Y(M48, R96)	0.000000	0.000000
Y(M48, R97)	0.000000	836.2667
Y(M48, R98)	0.000000	2286.933

Y(M48, R99)	0.000000	5726.200
Y(M48, R100)	0.3333333	0.000000
Y(M48, R101)	0.000000	1450.667
Y(M48, R102)	0.000000	2901.333
.		
.		
.		

LAMPIRAN 3B

Hasil Storage Assignment Gudang RM Section 2

Global optimal solution found.

Objective value: 0.6426434E+10

Objective bound: 0.6426434E+10

Infeasibilities: 0.1315816E-12

Extended solver steps: 0

Total solver iterations: 17660

Variable	Value	Reduced Cost
M	999.0000	0.000000
Y(M1, R100)	0.000000	1790315.
Y(M1, R101)	0.000000	120635.0
Y(M1, R102)	0.000000	732005.2
Y(M1, R103)	0.000000	554387.0
Y(M1, R104)	0.000000	376768.8
Y(M1, R105)	0.000000	57569.05
Y(M1, R106)	0.000000	690212.7
Y(M1, R107)	0.000000	512594.5
Y(M1, R108)	0.000000	334976.3
Y(M1, R109)	0.000000	222701.4
Y(M1, R110)	0.000000	132207.6
Y(M1, R111)	0.000000	41713.81
Y(M1, R112)	0.000000	1599.762
Y(M1, R113)	0.000000	201408.7
Y(M1, R114)	0.000000	110914.9
Y(M1, R115)	0.000000	20421.15
Y(M1, R116)	0.000000	972.8289
Y(M1, R117)	0.1428571	0.000000
Y(M1, R118)	0.000000	989.1733
Y(M1, R119)	0.000000	2149.707
Y(M1, R120)	0.000000	3310.240

Y(M1, R121)	0.000000	0.4490010E+08
Y(M1, R122)	0.000000	0.4107312E+08
Y(M1, R123)	0.000000	0.3724614E+08
Y(M1, R124)	0.000000	0.3341916E+08
Y(M1, R125)	0.000000	0.2959219E+08
Y(M1, R126)	0.000000	0.2576521E+08
Y(M1, R127)	0.000000	0.2193823E+08
Y(M1, R128)	0.000000	0.1811125E+08
Y(M1, R129)	0.000000	0.2869172E+08
Y(M1, R130)	0.000000	0.2486474E+08
Y(M1, R131)	0.000000	0.2103776E+08
Y(M1, R132)	0.000000	0.1721079E+08
Y(M1, R133)	0.000000	0.1338381E+08
Y(M1, R134)	0.000000	9556829.
Y(M1, R135)	0.000000	5729851.
Y(M1, R136)	0.000000	1902873.
Y(M1, R137)	0.000000	0.1231451E+08
Y(M1, R138)	0.000000	8487527.
Y(M1, R139)	0.000000	4660548.
Y(M1, R140)	0.000000	833570.2
Y(M1, R141)	0.000000	53627.43
Y(M1, R142)	0.000000	687600.7
Y(M1, R143)	0.000000	509982.4
Y(M1, R144)	0.000000	332364.2
Y(M1, R145)	0.000000	0.000000
Y(M1, R146)	0.000000	645808.1
Y(M1, R147)	0.000000	468189.9
Y(M1, R148)	0.000000	290571.7
Y(M1, R149)	0.000000	200077.9
Y(M1, R150)	0.000000	109584.1
Y(M1, R151)	0.000000	19090.36
Y(M1, R152)	0.000000	938.6322

Y(M1, R153)	0.000000	178785.3
Y(M1, R154)	0.000000	88291.49
Y(M1, R155)	0.000000	0.000000
Y(M1, R156)	0.000000	391.4856
Y(M1, R157)	0.000000	118.7733
Y(M1, R158)	0.000000	1279.307
Y(M1, R159)	0.000000	2439.840
Y(M1, R160)	0.000000	3600.373
Y(M1, R161)	0.000000	0.4490010E+08
Y(M1, R162)	0.000000	0.4107312E+08
Y(M1, R163)	0.000000	0.3724614E+08
Y(M1, R164)	0.000000	0.3341916E+08
Y(M1, R165)	0.000000	0.2959219E+08
Y(M1, R166)	0.000000	0.2576521E+08
Y(M1, R167)	0.000000	0.2193823E+08
Y(M1, R168)	0.000000	0.1811125E+08
Y(M1, R169)	0.000000	0.2869172E+08
Y(M1, R170)	0.000000	0.2486474E+08
Y(M1, R171)	0.000000	0.2103776E+08
Y(M1, R172)	0.000000	0.1721079E+08
Y(M1, R173)	0.000000	0.1338381E+08
Y(M1, R174)	0.000000	9556829.
Y(M1, R175)	0.000000	5729851.
Y(M1, R176)	0.000000	1902873.
Y(M1, R177)	0.000000	0.1231451E+08
Y(M1, R178)	0.000000	8487527.
Y(M1, R179)	0.000000	4660548.
Y(M1, R180)	0.000000	833570.2
Y(M1, R181)	0.000000	53627.43
Y(M1, R182)	0.000000	687600.7
Y(M1, R183)	0.000000	509982.4
Y(M1, R184)	0.000000	332364.2

Y(M1, R185)	0.000000	823426.3
Y(M1, R186)	0.000000	645808.1
Y(M1, R187)	0.000000	468189.9
Y(M1, R188)	0.000000	290571.7
Y(M1, R189)	0.000000	200077.9
Y(M1, R190)	0.000000	109584.1
Y(M1, R191)	0.000000	19090.36
Y(M1, R192)	0.000000	938.6322
Y(M1, R193)	0.000000	178785.3
Y(M1, R194)	0.000000	88291.49
Y(M1, R195)	0.000000	4347.496
Y(M1, R196)	0.000000	391.4856
Y(M1, R197)	0.000000	118.7733
Y(M1, R198)	0.000000	1279.307
Y(M1, R199)	0.000000	2439.840
Y(M1, R200)	0.000000	3600.373
Y(M1, R201)	0.000000	0.3437591E+08
Y(M1, R202)	0.000000	0.3054893E+08
Y(M1, R203)	0.000000	0.2672195E+08
Y(M1, R204)	0.000000	0.2289497E+08
Y(M1, R205)	0.000000	0.1906800E+08
Y(M1, R206)	0.000000	0.1524102E+08
Y(M1, R207)	0.000000	0.1141404E+08
Y(M1, R208)	0.000000	7587061.
Y(M1, R209)	0.000000	0.1816753E+08
Y(M1, R210)	0.000000	0.1434055E+08
Y(M1, R211)	0.000000	0.1051357E+08
Y(M1, R212)	0.000000	6686596.
Y(M1, R213)	0.000000	2859618.
Y(M1, R214)	0.000000	195525.9
Y(M1, R215)	0.000000	781633.8
Y(M1, R216)	0.000000	604015.6

Y(M1, R217)	0.000000	1790315.
Y(M1, R218)	0.000000	120635.0
Y(M1, R219)	0.000000	732005.2
Y(M1, R220)	0.000000	554387.0
Y(M1, R221)	0.000000	376768.8
Y(M1, R222)	0.000000	243994.0
Y(M1, R223)	0.000000	153500.2
Y(M1, R224)	0.000000	63006.46
Y(M1, R225)	0.000000	334976.3
Y(M1, R226)	0.000000	222701.4
Y(M1, R227)	0.000000	132207.6
Y(M1, R228)	0.000000	41713.81
Y(M1, R229)	0.000000	1599.762
Y(M1, R230)	0.2857143	0.000000
Y(M1, R231)	0.000000	716.1067
Y(M1, R232)	0.000000	1876.640
Y(M1, R233)	0.000000	972.8289
Y(M1, R234)	0.1428571	0.000000
.		
.		
.		
Y(M47, R323)	0.000000	19233.46
Y(M47, R324)	0.000000	6201.186
Y(M47, R325)	0.000000	366.0175
Y(M47, R326)	0.000000	59.03714
Y(M47, R327)	1.000000	0.000000
Y(M47, R328)	0.000000	30.60000
Y(M47, R329)	0.000000	76.50000
Y(M47, R330)	0.000000	167.4000
Y(M47, R331)	0.000000	106.2000
Y(M47, R332)	0.000000	45.00000
Y(M47, R333)	0.000000	34.42762

Y(M47, R334)	0.000000	45.00000
Y(M47, R335)	0.000000	106.2000
Y(M47, R336)	0.000000	167.4000
Y(M47, R337)	0.000000	213.3000
Y(M47, R338)	0.000000	259.2000
Y(M47, R339)	0.000000	289.8000
Y(M47, R340)	0.000000	335.7000
Y(M47, R341)	0.000000	54779.25
Y(M47, R342)	0.000000	38781.87
Y(M47, R343)	0.000000	25749.60
Y(M47, R344)	0.000000	12717.32
Y(M47, R345)	0.000000	799.6308
Y(M47, R346)	0.000000	136.2260
Y(M47, R347)	0.000000	0.000000
Y(M47, R348)	0.000000	61.20000
Y(M47, R349)	0.000000	122.4000
Y(M47, R350)	0.000000	183.6000
Y(M47, R351)	0.000000	244.8000
Y(M47, R352)	0.000000	378.7708
Y(M47, R353)	0.000000	61.73714
Y(M47, R354)	0.000000	14.40000
Y(M47, R355)	0.000000	75.60000
Y(M47, R356)	0.000000	136.8000
Y(M47, R357)	0.000000	198.0000
Y(M47, R358)	0.000000	259.2000
Y(M47, R359)	0.000000	320.4000
Y(M47, R360)	0.000000	381.6000
Y(M47, R361)	0.000000	442.8000
Y(M47, R362)	0.000000	504.0000
Y(M47, R363)	0.000000	169.2000
Y(M47, R364)	0.000000	215.1000
Y(M47, R365)	0.000000	276.3000

Y(M47, R366)	0.000000	337.5000
Y(M47, R367)	0.000000	398.7000
Y(M47, R368)	0.000000	459.9000
Y(M47, R369)	0.000000	521.1000
Y(M47, R370)	0.000000	582.3000
Y(M47, R371)	0.000000	643.5000
Y(M47, R372)	0.000000	704.7000
Y(M47, R373)	0.000000	765.9000
Y(M47, R374)	0.000000	428.4000
Y(M47, R375)	0.000000	474.3000
Y(M47, R376)	0.000000	535.5000
Y(M47, R377)	0.000000	596.7000
Y(M47, R378)	0.000000	657.9000
Y(M47, R379)	0.000000	719.1000
Y(M47, R380)	0.000000	780.3000
Y(M47, R381)	0.000000	841.5000
Y(M47, R382)	0.000000	902.7000
Y(M47, R383)	0.000000	963.9000
Y(M47, R384)	0.000000	1025.100
Y(M47, R385)	0.000000	687.6000
Y(M47, R386)	0.000000	733.5000
Y(M47, R387)	0.000000	794.7000
Y(M47, R388)	0.000000	855.9000
Y(M47, R389)	0.000000	917.1000
Y(M47, R390)	0.000000	978.3000
Y(M47, R391)	0.000000	1039.500
Y(M47, R392)	0.000000	1100.700
Y(M47, R393)	0.000000	1161.900
Y(M47, R394)	0.000000	1223.100
Y(M47, R395)	0.000000	1284.300
Y(M47, R396)	0.000000	86627.53
Y(M47, R397)	0.000000	61148.90

Y(M47, R398)	0.000000	38781.87
Y(M47, R399)	0.000000	25749.60
Y(M47, R400)	0.000000	12717.32

LAMPIRAN 4A

Layout Penyimpanan Raw Material pada Gudang RM Section 1

Level 4								baris 9
Level 3								
Level 2							M5	
Level 1				M13M29	2M1	2M33	2M26	
Level 4								baris 8
Level 3								
Level 2					2M19	M20M46	2M22	
Level 1		M2M3	2M38	2M33	2M26	2M31	2M35	
Level 4								baris 7
Level 3								
Level 2						M20M30	M22M33	
Level 1		M5M6	2M37	2M33	2M26	2M31	2M35	
Level 4								baris 6
Level 3							M11M42	
Level 2				2M46	2M7	2M26	2M31	
Level 1	2M38	2M33	2M26	2M31	2M35	2M35	2M35	
Level 4								baris 5
Level 3							M9M27	
Level 2			2M44	2M46	2M33	2M26	2M31	
Level 1	2M38	2M33	2M26	2M31	2M31	2M35	2M35	
Level 4								baris 4
Level 3					M4M16	2M48	2M33	
Level 2	M43	M15M46	2M33	2M26	2M31	2M31	2M35	
Level 1	2M26	2M31	2M31	2M35	2M35	2M35	2M35	
Level 4								baris 3
Level 3					M12M18	2M48	2M33	
Level 2	M14M45	2M20	2M7	2M26	2M31	2M31	2M35	
Level 1	2M26	2M31	2M31	2M35	2M35	2M35	2M35	
Level 4						M10M17	M36M39	baris 2
Level 3			M8M25	2M48	M26M33	2M28	2M31	
Level 2	2M33	2M26	2M31	2M31	2M35	2M35	2M35	
Level 1	M31M35	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	
Level 4						M21M40	M39M47	baris 1
Level 3			M23M24	M32M34	2M33	2M28	2M31	
Level 2	M22M41	2M26	2M31	2M31	2M35	2M35	2M35	pintu
Level 1	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	keluar

Keterangan :

: Fast Moving Material : Slow Moving Material

Level 4								baris 9
Level 3								
Level 2							M5	
Level 1				M13M29	2M1	2M33	2M26	
Level 4								baris 8
Level 3								
Level 2					2M19	M20M46	2M22	
Level 1		M2M3	2M38	2M33	2M26	2M31	2M35	
Level 4								baris 7
Level 3								
Level 2						M20M30	M22M33	
Level 1		M5M6	2M37	2M33	2M26	2M31	2M35	
Level 4								baris 6
Level 3							M11M42	
Level 2				2M46	2M7	2M26	2M31	
Level 1	2M38	2M33	2M26	2M31	2M35	2M35	2M35	
Level 4								baris 5
Level 3							M9M27	
Level 2			2M44	2M46	2M33	2M26	2M31	
Level 1	2M38	2M33	2M26	2M31	2M31	2M35	2M35	
Level 4								baris 4
Level 3					M4M16	2M48	2M33	
Level 2	M43	M15M46	2M33	2M26	2M31	2M31	2M35	
Level 1	2M26	2M31	2M31	2M35	2M35	2M35	2M35	
Level 4								baris 3
Level 3					M12M18	2M48	2M33	
Level 2	M14M45	2M20	2M7	2M26	2M31	2M31	2M35	
Level 1	2M26	2M31	2M31	2M35	2M35	2M35	2M35	
Level 4						M10M17	M36M39	baris 2
Level 3			M8M25	2M48	M26M33	2M28	2M31	
Level 2	2M33	2M26	2M31	2M31	2M35	2M35	2M35	
Level 1	M31M35	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	
Level 4						M21M40	M39M47	baris 1
Level 3			M23M24	M32M34	2M33	2M28	2M31	
Level 2	M22M41	2M26	2M31	2M31	2M35	2M35	2M35	pintu
Level 1	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	2M35	keluar

Keterangan :

Fast moving item :

	MB35		MB28
	MB31		MB33
	MB26		Campuran

LAMPIRAN 4B

Layout Penyimpanan Raw Material pada Gudang RM Section 2

Level 5	2M10	2M45	2M45	2M45	M13M28	2M11	M14M46			baris 1
Level 4	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10	2M45	2M45	2M45	2M28	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 5	2M45	2M45	2M45	2M28	M1M16	M7M29	M36M37			baris 2
Level 4	2M44	2M10	2M10	2M10	2M45	2M45	2M45	2M45	2M28	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 5	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	baris 3
Level 4	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
pintu ke gudang section 1										
Level 5	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	baris 4
Level 4	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 5				2M13	2M11	M20M39				baris 5
Level 4	2M44	2M10	2M10	2M45	2M45	2M45	2M45	2M45	2M13	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 5	2M45	2M45	2M27	2M13	2M9	M38M40				baris 6
Level 4	2M10	2M10	2M10	M10M45	2M45	2M45	2M45	2M45	2M13	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 5	2M28	M1M11	M2M6							baris 7
Level 4	2M10	2M45	2M45	2M45	M27M28	2M1	2M17	M18M24		
Level 3	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10	2M45	2M45	2M45		
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	2M10		
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42		
Level 5			2M25	2M1	2M14					baris 8
Level 4	2M28	2M45	2M45	2M45	2M45	2M45	2M28	M1M30	M31M47	2M8
Level 3	2M10	2M10	2M10	2M44	2M10	2M10	2M10	2M45	2M45	2M45
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	M42
Level 5										baris 9
Level 4										
Level 3										
Level 2								M19M41	2M22	2M15
Level 1				M34M35	M3M21	2M15	2M27	2M45	2M45	2M45
Level 5										baris 10
Level 4										
Level 3										M33M43
Level 2								M5M12	2M4	M15M30
Level 1				M23M32	M4M22	M13M15	2M27	2M45	2M45	2M45

Keterangan :



: Fast Moving Material





: Slow Moving Material

Level 5	2M10	2M45	2M45	2M45	M13M28	2M11	M14M46			baris 1
Level 4	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10	2M45	2M45	2M45	2M28	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 5	2M45	2M45	2M45	2M28	M1M16	M7M29	M36M37			baris 2
Level 4	2M44	2M10	2M10	2M10	2M45	2M45	2M45	2M45	2M28	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10	2M10	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 5	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	baris 3
Level 4	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
pintu ke gudang section 1										
Level 5	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	baris 4
Level 4	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	
Level 5				2M13	2M11	M20M39				baris 5
Level 4	2M44	2M10	2M10	2M45	2M45	2M45	2M45	2M13		
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10		
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42		
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42		
Level 5	2M45	2M45	2M27	2M13	2M9	M38M40				baris 6
Level 4	2M10	2M10	2M10	M10M45	2M45	2M45	2M45	2M13		
Level 3	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10		
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42		
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42		
Level 5	2M28	M1M11	M2M6							baris 7
Level 4	2M10	2M45	2M45	2M45	M27M28	2M1	2M17	M18M24		
Level 3	2M42	2M44	2M10	2M10	2M10	2M45	2M45	2M45		
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	2M10		
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42		
Level 5			2M25	2M1	2M15					baris 8
Level 4	2M28	2M45	2M45	2M45	2M45	2M45	2M28	M1M30	M31M47	2M8
Level 3	2M10	2M10	2M10	2M44	2M10	2M10	2M10	2M45	2M45	2M45
Level 2	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M44	2M10	M10
Level 1	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42	2M42
Level 5										baris 9
Level 4										
Level 3										
Level 2						M19M41	2M22	2M15	M27	
Level 1			M34M35	M3M21	2M15	2M27	2M45	2M45	2M45	2M10
Level 5										baris 10
Level 4										
Level 3										M33M43
Level 2						M5M12	2M4	M30	2M27	2M45
Level 1			M23M32	M4M22	M13	2M27	2M45	2M45	2M45	2M10

Keterangan :

Fast moving item :

	ML42		ML45		ML27		ML13
	ML10		ML44		ML28		ML15
	Campuran						

LAMPIRAN 5A

Total Jarak Tempuh tiap *Raw Material* pada Gudang *RM Section 1*

<i>Raw Material</i>	Juml. Palet	Jarak Tempuh Total
MB01	2	72.5
MB02	1	39.1
MB03	1	97.4
MB04	1	38.6
MB05	1	40.2
MB06	1	39.1
MB07	4	138.1
MB08	1	38.6
MB09	1	38.6
MB10	1	39.7
MB11	1	38.6
MB12	1	38.6
MB13	1	39.1
MB14	1	40.2
MB15	1	37.4
MB16	1	38.6
MB17	1	39.7
MB18	1	38.6
MB19	2	80.4
MB20	4	131.5
MB21	1	39.7
MB22	4	69.1
MB23	1	38.6
MB24	1	38.6
MB25	1	38.6
MB26	27	841.7
MB27	1	38.6
MB28	4	106.5
MB29	1	39.1
MB30	1	37.4
MB31	43	1146.4
MB32	1	35.7
MB33	24	806.4
MB34	1	35.7
MB35	73	1348.1
MB36	1	36.8
MB37	2	72.5

<i>Raw Material</i>	Juml. Palet	Jarak Tempuh Total
MB38	6	217.6
MB39	2	73.7
MB40	1	39.7
MB41	1	34.5
MB42	1	38.6
MB43	1	40.2
MB44	2	86.1
MB45	1	49.9
MB46	6	192.5
MB47	1	36.8
MB48	6	200.7

Total jarak tempuh tiap *raw material* pada gudang *raw material section 1* tersebut didapatkan dari penjumlahan jarak tempuh *raw material* tiap baris rak sebagai berikut :

<i>BARIS 1</i>	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
<i>Fast Moving Item</i>	MB35	1	1	2	7.9	15.9	327.3
	MB35	2	1	2	10.8	21.5	
	MB35	3	1	2	13.6	27.2	
	MB35	4	1	2	16.4	32.9	
	MB35	5	1	2	19.3	38.5	
	MB35	6	1	2	22.1	44.2	
	MB35	7	1	1	24.9	24.9	
	MB35	1	2	2	17.5	35.1	
	MB35	2	2	2	20.4	40.7	
	MB35	3	2	2	23.2	46.4	
	MB31	4	2	2	26.0	52.1	164.3
	MB31	5	2	2	28.9	57.7	
	MB31	1	3	2	27.2	54.5	
	MB26	6	2	2	31.7	63.4	63.4
	MB28	2	3	2	30.1	60.1	60.1
	MB33	3	3	2	32.9	65.8	65.8
<i>Slow Moving Item</i>	MB21	2	4	1	39.7	39.7	39.7
	MB22	7	2	1	34.5	34.5	34.5
	MB23	5	3	1	38.6	38.6	38.6
	MB24	5	3	1	38.6	38.6	38.6
	MB32	4	3	1	35.7	35.7	35.7
	MB34	4	3	1	35.7	35.7	35.7

BARIS 1	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
	MB39	1	4	1	36.8	36.8	36.8
	MB40	2	4	1	39.7	39.7	39.7
	MB41	7	2	1	34.5	34.5	34.5
	MB47	1	4	1	36.8	36.8	36.8

BARIS 2	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
Fast Moving Item	MB35	1	1	2	7.9	15.9	327.3
	MB35	2	1	2	10.8	21.5	
	MB35	3	1	2	13.6	27.2	
	MB35	4	1	2	16.4	32.9	
	MB35	5	1	2	19.3	38.5	
	MB35	6	1	2	22.1	44.2	
	MB35	7	1	1	24.9	24.9	
	MB35	1	2	2	17.5	35.1	
	MB35	2	2	2	20.4	40.7	
	MB35	3	2	2	23.2	46.4	
	MB31	4	2	2	26.0	52.1	164.3
	MB31	5	2	2	28.9	57.7	
	MB31	1	3	2	27.2	54.5	
	MB26	6	2	2	31.7	63.4	96.3
	MB26	3	3	1	32.9	32.9	
	MB28	2	3	2	23.2	46.4	46.4
	MB33	3	3	1	32.9	32.9	102.0
	MB33	7	2	2	34.5	69.1	
Slow Moving Item	MB08	5	3	1	38.6	38.6	38.6
	MB10	2	4	1	39.7	39.7	39.7
	MB17	2	4	1	39.7	39.7	39.7
	MB25	5	3	1	38.6	38.6	38.6
	MB36	1	4	1	36.8	36.8	36.8
	MB39	1	4	1	36.8	36.8	36.8
	MB48	4	3	2	35.7	71.5	71.5

BARIS 3	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
Fast Moving Item	MB35	1	1	2	13.6	27.2	189.2
	MB35	2	1	2	16.4	32.9	
	MB35	3	1	2	19.3	38.5	
	MB35	4	1	2	22.1	44.2	

BARIS 3	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
	MB35	1	2	2	23.2	46.4	215.2
	MB31	5	1	2	24.9	49.9	
	MB31	6	1	2	27.8	55.5	
	MB31	2	2	2	26.0	52.1	
	MB31	3	2	2	28.9	57.7	
	MB26	7	1	2	30.6	61.2	124.6
	MB26	4	2	2	31.7	63.4	
	MB33	1	3	2	32.9	65.8	65.8
Slow Moving Item	MB07	5	2	2	34.5	69.1	69.1
	MB12	3	3	1	38.6	38.6	38.6
	MB14	7	2	1	40.2	40.2	40.2
	MB18	3	3	1	38.6	38.6	38.6
	MB20	6	2	2	47.1	94.1	94.1
	MB45	7	2	1	49.9	49.9	49.9
	MB48	2	3	2	28.9	57.7	57.7

BARIS 4	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
Fast Moving Item	MB35	1	1	2	13.6	27.2	189.2
	MB35	2	1	2	16.4	32.9	
	MB35	3	1	2	19.3	38.5	
	MB35	4	1	2	22.1	44.2	
	MB35	1	2	2	23.2	46.4	
	MB31	5	1	2	24.9	49.9	215.2
	MB31	6	1	2	27.8	55.5	
	MB31	2	2	2	26.0	52.1	
	MB31	3	2	2	28.9	57.7	
	MB26	7	1	2	30.6	61.2	124.6
	MB26	4	2	2	31.7	63.4	
	MB33	5	2	2	34.5	69.1	134.9
	MB33	1	3	2	32.9	65.8	
Slow Moving Item	MB04	3	3	1	38.6	38.6	38.6
	MB15	6	2	1	37.4	37.4	37.4
	MB16	3	3	1	38.6	38.6	38.6
	MB43	7	2	1	40.2	40.2	40.2
	MB46	6	2	1	37.4	37.4	37.4
	MB48	2	3	2	35.7	71.5	71.5

BARIS 5	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
Fast Moving Item	MB35	1	1	2	19.3	38.5	82.7
	MB35	2	1	2	22.1	44.2	
	MB31	3	1	2	24.9	49.9	163.1
	MB31	4	1	2	27.8	55.5	
	MB31	1	2	2	28.9	57.7	
	MB26	5	1	2	30.6	61.2	124.6
	MB26	2	2	2	31.7	63.4	
	MB33	6	1	2	33.4	66.9	135.9
	MB33	3	2	2	34.5	69.1	
Slow Moving Item	MB09	1	3	1	38.6	38.6	38.6
	MB27	1	3	1	38.6	38.6	38.6
	MB38	7	1	2	36.3	72.5	72.5
	MB44	6	2	2	43.0	86.1	86.1
	MB46	5	2	2	40.2	80.4	80.4

BARIS 6	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
Fast Moving Item	MB35	1	1	2	19.3	38.5	132.6
	MB35	2	1	2	22.1	44.2	
	MB35	3	1	2	24.9	49.9	
	MB31	4	1	2	27.8	55.5	113.3
	MB31	1	2	2	28.9	57.7	
	MB26	5	1	2	30.6	61.2	124.6
	MB26	2	2	2	31.7	63.4	
	MB33	6	1	2	33.4	66.9	66.9
Slow Moving Item	MB07	3	2	2	34.5	69.1	69.1
	MB11	1	3	1	38.6	38.6	38.6
	MB38	7	1	2	36.3	72.5	72.5
	MB42	1	3	1	38.6	38.6	38.6
	MB46	4	2	2	37.4	74.7	74.7

BARIS 7	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
Fast Moving Item	MB35	1	1	2	24.9	49.9	49.9
	MB31	2	1	2	27.8	55.5	55.5
	MB26	3	1	2	30.6	61.2	61.2
	MB33	4	1	2	33.4	66.9	101.4

BARIS 7	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
	MB33	1	2	1	34.5	34.5	
Slow Moving Item	MB05	6	1	1	39.1	39.1	39.1
	MB06	6	1	1	39.1	39.1	39.1
	MB20	2	2	1	37.4	37.4	37.4
	MB22	1	2	1	34.5	34.5	34.5
	MB30	2	2	1	37.4	37.4	37.4
	MB37	5	1	2	36.3	72.5	72.5

BARIS 8	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)
Fast Moving Item	MB35	1	1	2	24.9	49.9
	MB31	2	1	2	27.8	55.5
	MB26	3	1	2	30.6	61.2
	MB33	4	1	2	33.4	66.9
Slow Moving Item	MB02	6	1	1	39.1	39.1
	MB03	6	2	2	48.7	97.4
	MB19	3	2	2	40.2	80.4
	MB20	2	2	1	37.4	37.4
	MB22	1	2	2	34.5	69.1
	MB38	5	1	2	36.3	72.5
	MB46	2	2	1	37.4	37.4

BARIS 9	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)
Fast Mov.	MB26	1	1	2	30.6	61.2
	MB33	2	1	2	33.4	66.9
Slow Mov. Item	MB01	3	1	2	36.3	72.5
	MB05	1	2	1	40.2	40.2
	MB13	4	1	1	39.1	39.1
	MB29	4	1	1	39.1	39.1

LAMPIRAN 5B

Total Jarak Tempuh tiap *Raw Material* pada Gudang *RM Section 2*

<i>Raw Material</i>	Juml. Palet	Total Jarak Tempuh
MB01	7	726.3
MB02	1	106.5
MB03	1	104.8
MB04	3	315.6
MB05	1	107.6
MB06	1	106.5
MB07	1	106.5
MB08	2	211.9
MB09	2	209.6
MB10	81	7297.7
MB11	5	522.3
MB12	1	107.6
MB13	10	920.7
MB14	3	106.5
MB15	6	619.3
MB16	1	104.2
MB17	2	211.9
MB18	1	108.2
MB19	1	107.6
MB20	1	107.1
MB21	1	104.8
MB22	3	315.6
MB23	1	107.1
MB24	1	108.2
MB25	2	213.0
MB26	1	215.3
MB27	10	1006.2
MB28	14	1282.2
MB29	1	106.5
MB30	2	206.3
MB31	1	104.8
MB32	1	107.1
MB33	1	108.3
MB34	1	107.1
MB35	1	107.1
MB36	1	108.8
MB37	1	108.8

<i>Raw Material</i>	Juml. Palet	Total Jarak Tempuh
MB38	1	107.1
MB39	1	107.1
MB40	1	107.1
MB41	1	107.6
MB42	393	26025.2
MB43	1	108.3
MB44	22	1885.0
MB45	92	8207.4
MB46	1	106.5

Total jarak tempuh tiap *raw material* pada gudang *raw material section 2* tersebut didapatkan dari penjumlahan jarak tempuh *raw material* tiap baris rak sebagai berikut :

<i>BARIS 1</i>	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
<i>Fast Moving Item</i>	ML42	1	1	2	53.8	107.7	3402.0
	ML42	2	1	2	56.7	113.3	
	ML42	3	1	2	58.9	117.9	
	ML42	4	1	2	61.2	122.4	
	ML42	5	1	2	63.5	126.9	
	ML42	6	1	2	65.7	131.5	
	ML42	7	1	2	68.0	136.0	
	ML42	8	1	2	70.3	140.5	
	ML42	9	1	2	72.5	145.1	
	ML42	1	2	2	63.4	126.9	
	ML42	2	2	2	66.3	132.5	
	ML42	3	2	2	68.5	137.1	
	ML42	4	2	2	70.8	141.6	
	ML42	5	2	2	73.1	146.1	
	ML42	6	2	2	75.3	150.7	
	ML42	7	2	2	77.6	155.2	
	ML42	8	2	2	79.9	159.7	
	ML42	9	2	2	82.1	164.3	
	ML42	1	3	2	73.1	146.3	
	ML42	2	3	2	76.0	151.9	
	ML42	3	3	2	78.2	156.5	
	ML42	4	3	2	80.5	161.0	

BARIS 1	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
	ML42	5	3	2	82.8	165.5	341.2
	ML42	1	4	2	82.7	165.5	
	ML44	6	3	2	85.0	170.1	
	ML44	2	4	2	85.6	171.1	
	ML10	7	3	2	87.3	174.6	1262.7
	ML10	8	3	2	89.6	179.1	
	ML10	9	3	2	91.8	183.7	
	ML10	3	4	2	87.8	175.7	
	ML10	4	4	2	90.1	180.2	
	ML10	5	4	2	92.4	184.7	
	ML10	1	5	2	92.3	184.7	
	ML45	6	4	2	94.6	189.3	1166.0
	ML45	7	4	2	96.9	193.8	
	ML45	8	4	2	99.2	198.3	
	ML45	2	5	2	95.2	190.3	
	ML45	3	5	2	97.4	194.9	
	ML45	4	5	2	99.7	199.4	
	ML28	9	4	2	101.4	202.9	304.8
	ML28	4	5	1	102.0	102.0	
<i>Slow Moving Item</i>	ML11	6	5	2	104.2	208.5	208.5
	ML14	7	5	1	106.5	106.5	106.5
	ML46	7	5	1	106.5	106.5	106.5

BARIS 2	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	
<i>Fast Moving Item</i>	ML42	1	1	2	56.7	113.3	2855.7
	ML42	2	1	2	58.9	117.9	
	ML42	3	1	2	61.2	122.4	
	ML42	4	1	2	63.5	126.9	
	ML42	5	1	2	65.7	131.5	
	ML42	6	1	2	68.0	136.0	
	ML42	7	1	2	70.3	140.5	
	ML42	8	1	2	72.5	145.1	
	ML42	1	2	2	66.3	132.5	
	ML42	2	2	2	68.5	137.1	
	ML42	3	2	2	70.8	141.6	
	ML42	4	2	2	73.1	146.1	
	ML42	5	2	2	75.3	150.7	
	ML42	6	2	2	77.6	155.2	

BARIS 2	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	
	ML42	7	2	2	79.9	159.7	
	ML42	8	2	2	82.1	164.3	
	ML42	1	3	2	76.0	151.9	
	ML42	2	3	2	78.2	156.5	
	ML42	3	3	2	80.5	161.0	
	ML42	4	3	2	82.8	165.5	
	ML44	5	3	2	87.3	174.6	350.3
	ML44	1	4	2	87.8	175.7	
	ML10	6	3	2	87.3	174.6	1078.0
	ML10	7	3	2	89.6	179.1	
	ML10	8	3	2	91.8	183.7	
	ML10	2	4	2	87.8	175.7	
	ML10	3	4	2	90.1	180.2	
	ML10	4	4	2	92.4	184.7	
	ML45	5	4	2	94.6	189.3	1166.0
	ML45	6	4	2	96.9	193.8	
	ML45	7	4	2	99.2	198.3	
	ML45	1	5	2	95.2	190.3	
	ML45	2	5	2	97.4	194.9	
	ML45	3	5	2	99.7	199.4	
	ML28	8	4	2	101.4	202.9	304.8
	ML28	4	5	1	102.0	102.0	
<i>Slow Moving Item</i>	ML01	5	5	1	104.2	104.2	104.2
	ML07	6	5	1	106.5	106.5	106.5
	ML16	5	5	1	104.2	104.2	104.2
	ML29	6	5	1	106.5	106.5	106.5
	ML36	7	5	1	108.8	108.8	108.8
	ML37	7	5	1	108.8	108.8	108.8

BARIS 3	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
<i>Fast Moving Item</i>	ML42	1	1	2	29.5	58.9	4532.8
	ML42	2	1	2	31.7	63.5	
	ML42	3	1	2	34.0	68.0	
	ML42	4	1	2	36.3	72.5	
	ML42	5	1	2	38.5	77.1	
	ML42	6	1	2	40.8	81.6	
	ML42	7	1	2	43.1	86.1	
	ML42	8	1	2	45.3	90.7	

BARIS 3	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
	ML42	1	2	2	39.1	78.1	
	ML42	2	2	2	41.3	82.7	
	ML42	3	2	2	43.6	87.2	
	ML42	4	2	2	45.9	91.7	
	ML42	5	2	2	48.1	96.3	
	ML42	6	2	2	50.4	100.8	
	ML42	7	2	2	52.7	105.3	
	ML42	8	2	2	54.9	109.9	
	ML42	1	3	2	48.8	97.5	
	ML42	2	3	2	51.0	102.1	
	ML42	3	3	2	53.3	106.6	
	ML42	4	3	2	55.6	111.1	
	ML42	5	3	2	57.8	115.7	
	ML42	6	3	2	60.1	120.2	
	ML42	7	3	2	62.4	124.7	
	ML42	8	3	2	64.6	129.3	
	ML42	1	4	2	58.4	116.7	
	ML42	2	4	2	60.6	121.3	
	ML42	3	4	2	62.9	125.8	
	ML42	4	4	2	65.2	130.3	
	ML42	5	4	2	67.4	134.9	
	ML42	6	4	2	69.7	139.4	
	ML42	7	4	2	72.0	143.9	
	ML42	8	4	2	74.2	148.5	
	ML42	1	5	2	68.0	135.9	
	ML42	2	5	2	70.2	140.5	
	ML42	3	5	2	72.5	145.0	
	ML42	4	5	2	74.8	149.5	
	ML42	5	5	2	77.0	154.1	
	ML42	6	5	2	79.3	158.6	
	ML42	7	5	2	81.6	163.1	
	ML42	8	5	2	83.8	167.7	

BARIS 4	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
<i>Fast Moving Item</i>	ML42	1	1	2	29.5	58.9	4532.8
	ML42	2	1	2	31.7	63.5	
	ML42	3	1	2	34.0	68.0	
	ML42	4	1	2	36.3	72.5	

BARIS 4	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
	ML42	5	1	2	38.5	77.1	
	ML42	6	1	2	40.8	81.6	
	ML42	7	1	2	43.1	86.1	
	ML42	8	1	2	45.3	90.7	
	ML42	1	2	2	39.1	78.1	
	ML42	2	2	2	41.3	82.7	
	ML42	3	2	2	43.6	87.2	
	ML42	4	2	2	45.9	91.7	
	ML42	5	2	2	48.1	96.3	
	ML42	6	2	2	50.4	100.8	
	ML42	7	2	2	52.7	105.3	
	ML42	8	2	2	54.9	109.9	
	ML42	1	3	2	48.8	97.5	
	ML42	2	3	2	51.0	102.1	
	ML42	3	3	2	53.3	106.6	
	ML42	4	3	2	55.6	111.1	
	ML42	5	3	2	57.8	115.7	
	ML42	6	3	2	60.1	120.2	
	ML42	7	3	2	62.4	124.7	
	ML42	8	3	2	64.6	129.3	
	ML42	1	4	2	58.4	116.7	
	ML42	2	4	2	60.6	121.3	
	ML42	3	4	2	62.9	125.8	
	ML42	4	4	2	65.2	130.3	
	ML42	5	4	2	67.4	134.9	
	ML42	6	4	2	69.7	139.4	
	ML42	7	4	2	72.0	143.9	
	ML42	8	4	2	74.2	148.5	
	ML42	1	5	2	68.0	135.9	
	ML42	2	5	2	70.2	140.5	
	ML42	3	5	2	72.5	145.0	
	ML42	4	5	2	74.8	149.5	
	ML42	5	5	2	77.0	154.1	
	ML42	6	5	2	79.3	158.6	
	ML42	7	5	2	81.6	163.1	
	ML42	8	5	2	83.8	167.7	

BARIS 5	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
<i>Fast Moving Item</i>	ML42	1	1	2	57.2	114.5	2878.4
	ML42	2	1	2	59.5	119.0	
	ML42	3	1	2	61.8	123.5	
	ML42	4	1	2	64.0	128.1	
	ML42	5	1	2	66.3	132.6	
	ML42	6	1	2	68.6	137.1	
	ML42	7	1	2	70.8	141.7	
	ML42	8	1	2	73.1	146.2	
	ML42	1	2	2	66.8	133.7	
	ML42	2	2	2	69.1	138.2	
	ML42	3	2	2	71.4	142.7	
	ML42	4	2	2	73.6	147.3	
	ML42	5	2	2	75.9	151.8	
	ML42	6	2	2	78.2	156.3	
	ML42	7	2	2	80.4	160.9	
	ML42	8	2	2	82.7	165.4	
	ML42	1	3	2	76.5	153.1	
	ML42	2	3	2	78.8	157.6	
	ML42	3	3	2	81.1	162.1	
	ML42	4	3	2	83.3	166.7	
	ML44	5	3	2	85.6	171.2	343.5
	ML44	1	4	2	86.1	172.3	
	ML10	6	3	2	87.9	175.7	898.9
	ML10	7	3	2	90.1	180.3	
	ML10	8	3	2	92.4	184.8	
	ML10	2	4	2	88.4	176.8	
	ML10	3	4	2	90.7	181.3	
	ML45	4	4	2	92.9	185.9	770.7
	ML45	5	4	2	95.2	190.4	
	ML45	6	4	2	97.5	194.9	
	ML45	7	4	2	99.7	199.5	
	ML13	8	4	2	102.0	204.0	409.1
	ML13	4	5	2	102.5	205.1	
<i>Slow Moving Item</i>	ML11	5	5	2	104.8	209.6	209.6
	ML20	6	5	1	107.1	107.1	107.1
	ML39	6	5	1	107.1	107.1	107.1

BARIS 6	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
<i>Fast Moving Item</i>	ML42	1	1	2	57.2	114.5	2878.4
	ML42	2	1	2	59.5	119.0	
	ML42	3	1	2	61.8	123.5	
	ML42	4	1	2	64.0	128.1	
	ML42	5	1	2	66.3	132.6	
	ML42	6	1	2	68.6	137.1	
	ML42	7	1	2	70.8	141.7	
	ML42	8	1	2	73.1	146.2	
	ML42	1	2	2	66.8	133.7	
	ML42	2	2	2	69.1	138.2	
	ML42	3	2	2	71.4	142.7	
	ML42	4	2	2	73.6	147.3	
	ML42	5	2	2	75.9	151.8	
	ML42	6	2	2	78.2	156.3	
	ML42	7	2	2	80.4	160.9	
	ML42	8	2	2	82.7	165.4	
	ML42	1	3	2	76.5	153.1	
	ML42	2	3	2	78.8	157.6	
	ML42	3	3	2	81.1	162.1	
	ML42	4	3	2	83.3	166.7	
	ML44	5	3	2	85.6	171.2	171.2
	ML10	6	3	2	87.9	175.7	991.9
	ML10	7	3	2	90.1	180.3	
	ML10	8	3	2	92.4	184.8	
	ML10	2	4	2	88.4	176.8	
	ML10	3	4	2	90.7	181.3	
	ML10	4	4	1	92.9	92.9	
	ML45	4	4	1	92.9	92.9	1065.2
	ML45	5	4	2	95.2	190.4	
	ML45	6	4	2	97.5	194.9	
	ML45	7	4	2	99.7	199.5	
	ML45	1	5	2	95.7	191.5	
	ML45	2	5	2	98.0	196.0	
	ML13	8	4	2	102.0	204.0	409.1
	ML13	4	5	2	102.5	205.1	
	ML27	3	5	2	100.3	200.5	200.5
<i>Slow Moving Item</i>	ML09	5	5	2	104.8	209.6	209.6
	ML38	6	5	1	107.1	107.1	107.1
	ML40	6	5	1	107.1	107.1	107.1

BARIS 7	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
<i>Fast Moving Item</i>	ML42	1	1	2	63.5	126.9	2083.9
	ML42	2	1	2	65.7	131.5	
	ML42	3	1	2	68.0	136.0	
	ML42	4	1	2	70.3	140.5	
	ML42	5	1	2	72.5	145.1	
	ML42	6	1	2	74.8	149.6	
	ML42	7	1	2	77.1	154.1	
	ML42	8	1	2	79.3	158.7	
	ML42	1	2	2	73.1	146.1	
	ML42	2	2	2	75.3	150.7	
	ML42	3	2	2	77.6	155.2	
	ML42	4	2	2	79.9	159.7	
	ML42	5	2	2	82.1	164.3	
	ML42	1	3	2	82.8	165.5	
	ML44	6	2	2	84.4	168.8	338.9
	ML44	2	3	2	85.0	170.1	
	ML10	7	2	2	96.4	192.7	1112.1
	ML10	8	2	2	98.6	197.3	
	ML10	3	3	2	87.3	174.6	
	ML10	4	3	2	89.6	179.1	
	ML10	5	3	2	91.8	183.7	
	ML10	1	4	2	92.4	184.7	
	ML45	6	3	2	94.1	188.2	1159.6
	ML45	7	3	2	96.4	192.7	
	ML45	8	3	2	98.6	197.3	
	ML45	2	4	2	94.6	189.3	
	ML45	3	4	2	96.9	193.8	
	ML45	4	4	2	99.2	198.3	
	ML28	5	4	1	101.4	101.4	305.4
	ML28	1	5	2	102.0	203.9	
<i>Slow Moving Item</i>	ML01	6	4	2	103.7	207.4	311.6
	ML01	2	5	1	104.2	104.2	
	ML02	3	5	1	106.5	106.5	106.5
	ML06	3	5	1	106.5	106.5	106.5
	ML11	2	5	1	104.2	104.2	104.2
	ML17	7	4	2	106.0	211.9	211.9
	ML18	8	4	1	108.2	108.2	108.2
	ML24	8	4	1	108.2	108.2	108.2

BARIS 8	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
<i>Fast Moving Item</i>	ML42	1	1	2	72.5	145.1	2861.1
	ML42	2	1	2	70.3	140.5	
	ML42	3	1	2	68.0	136.0	
	ML42	4	1	2	65.2	130.3	
	ML42	5	1	2	68.0	136.0	
	ML42	6	1	2	70.3	140.5	
	ML42	7	1	2	72.5	145.1	
	ML42	8	1	2	74.2	148.5	
	ML42	9	1	2	75.9	151.9	
	ML42	10	1	2	77.1	154.1	
	ML42	11	1	2	78.8	157.5	
	ML42	1	2	2	82.1	164.3	
	ML42	2	2	2	79.9	159.7	
	ML42	3	2	2	77.6	155.2	
	ML42	4	2	2	74.8	149.5	
	ML42	5	2	2	77.6	155.2	
	ML42	6	2	2	79.9	159.7	
	ML42	7	2	2	82.1	164.3	
	ML42	8	2	2	83.8	167.7	
	ML44	9	2	2	85.5	171.1	340.0
	ML44	4	3	2	84.5	168.9	
	ML10	10	2	2	86.7	173.3	1410.1
	ML10	11	2	2	88.4	176.7	
	ML10	1	3	2	91.8	183.7	
	ML10	2	3	2	89.6	179.1	
	ML10	3	3	2	87.3	174.6	
	ML10	5	3	2	84.5	168.9	
	ML10	6	3	2	87.3	174.6	
	ML10	7	3	2	89.6	179.1	
	ML45	8	3	2	91.8	183.7	1533.6
	ML45	9	3	2	93.5	187.1	
	ML45	10	3	2	95.2	190.5	
	ML45	2	4	2	99.2	198.3	
	ML45	3	4	2	96.9	193.8	
	ML45	4	4	2	94.1	188.1	
	ML45	5	4	2	96.9	193.8	
	ML45	6	4	2	99.2	198.3	
	ML28	1	4	2	91.8	183.6	367.2
	ML28	7	4	2	91.8	183.6	
	ML01	8	4	1	103.1	103.1	310.5

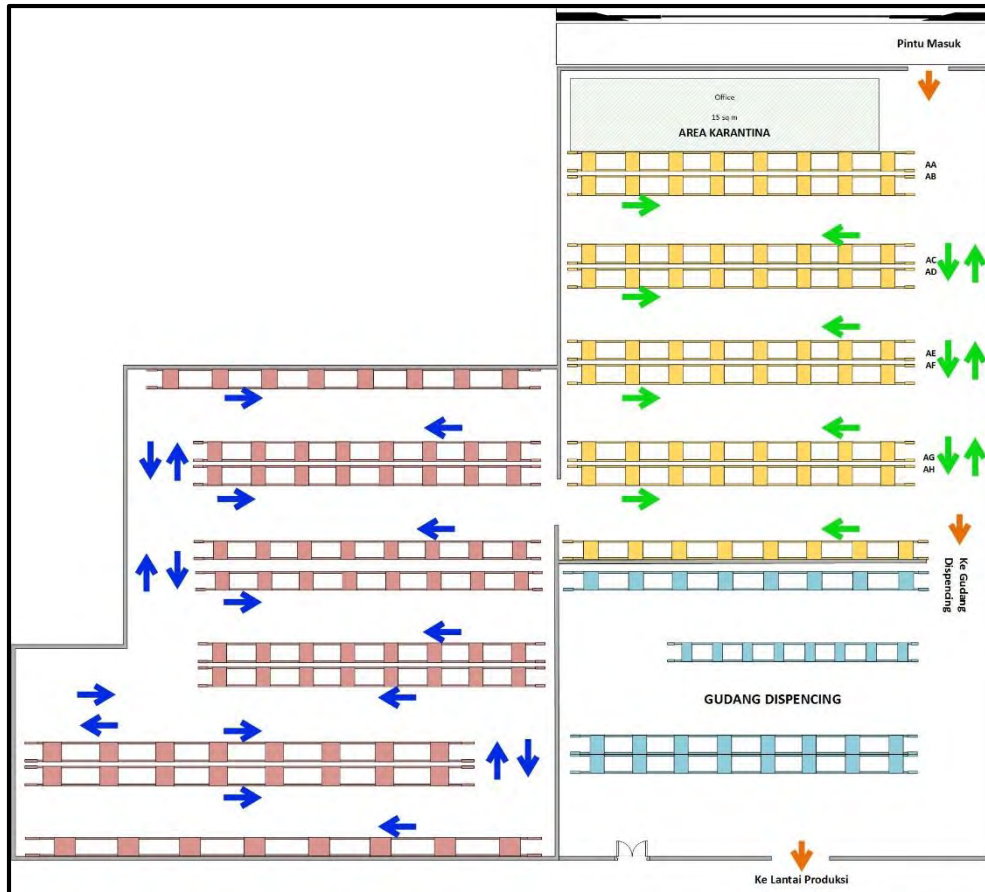
BARIS 8	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
<i>Slow Moving Item</i>	ML01	4	5	2	103.7	207.3	
	ML08	10	4	2	106.0	211.9	211.9
	ML14	5	5	2	106.5	213.0	213.0
	ML25	3	5	2	106.5	213.0	213.0
	ML26	11	4	2	107.7	215.3	215.3
	ML30	8	4	2	103.1	206.3	206.3
	ML31	9	4	1	104.8	104.8	104.8
	ML35	11	3	1	98.1	98.1	98.1
	ML47	9	4	1	104.8	104.8	104.8

BARIS 9	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
<i>Fast Moving Item</i>	ML10	1	1	2	91.8	183.6	183.6
	ML45	2	1	2	93.5	187.0	574.6
	ML45	3	1	2	95.8	191.5	
	ML45	4	1	2	98.0	196.1	
	ML27	5	1	2	100.3	200.6	403.4
	ML27	1	2	2	101.4	202.8	
	ML15	6	1	2	102.6	205.1	411.3
	ML15	2	2	2	103.1	206.2	
<i>Slow Moving Item</i>	ML03	7	1	1	104.8	104.8	104.8
	ML19	4	2	1	107.6	107.6	107.6
	ML21	7	1	1	104.8	104.8	104.8
	ML22	3	2	2	105.4	210.7	210.7
	ML34	8	1	1	107.1	107.1	107.1
	ML35	8	1	1	107.1	107.1	107.1
	ML41	4	2	1	107.6	107.6	107.6

BARIS 10	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
<i>Fast Moving Item</i>	ML10	1	1	2	89.0	177.9	360.4
	ML10	2	1	2	91.2	182.5	
	ML45	3	1	2	93.5	187.0	771.7
	ML45	4	1	2	95.8	191.5	
	ML45	5	1	2	98.0	196.1	
	ML45	1	2	2	98.6	197.1	
	ML27	6	1	2	100.3	200.6	402.3
	ML27	2	2	2	100.8	201.7	

BARIS 10	Raw Material	No. Rak	Level	Juml. Palet	Jarak (m)	Jarak Total (m)	Grand Total
	ML13	7	1	1	102.6	102.6	102.6
	ML15	7	1	1	102.6	102.6	102.6
	ML15	3	2	1	105.4	105.4	105.4
<i>Slow Moving Item</i>	ML04	8	1	1	104.8	104.8	315.6
	ML04	4	2	2	105.4	210.7	
	ML05	5	2	1	107.6	107.6	107.6
	ML12	5	2	1	107.6	107.6	107.6
	ML22	8	1	1	104.8	104.8	104.8
	ML23	9	1	1	107.1	107.1	107.1
	ML30	3	2	1	103.1	103.1	103.1
	ML32	9	1	1	107.1	107.1	107.1
	ML33	1	3	1	108.3	108.3	108.3
	ML43	1	3	1	108.3	108.3	108.3

LAMPIRAN 6
Alur Pengambilan Raw Material dalam Gudang



BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran yang diberikan terkait dengan penelitian tugas akhir ini.

7.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Model optimasi yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *storage assignment* pada gudang *raw material* PT X memiliki fungsi tujuan untuk meminimasi jarak tempuh. Parameter yang digunakan pada fungsi tujuan adalah jarak tempuh dan frekuensi yang dipangkatkan tiga. Tujuan dari frekuensi yang dipangkatkan tiga tersebut adalah untuk mendapatkan besarnya rasio yang berbanding lurus dengan besarnya frekuensi.
2. Model optimasi *storage assignment* menghasilkan alternatif peletakan *raw material* untuk masing-masing gudang *raw material* yang dapat dilihat pada **lampiran 4**. Total jarak tempuh untuk pengambilan semua *raw material* pada gudang *raw material section 1* adalah 6.884 meter, sedangkan untuk gudang *raw material section 2* adalah 53.491,9 meter.

7.2 Saran

Saran yang diberikan dari hasil penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penyelesaian permasalahan *storage assignment* pada umumnya dapat ditinjau dari parameter jarak tempuh dan waktu tempuh. Pada penelitian selanjutnya, parameter waktu tempuh dapat dikaji lebih dalam untuk membandingkan hasilnya dengan jika menggunakan parameter jarak tempuh.
2. Pengembangan model *storage assignment* dapat diperluas lingkup aktivitasnya tidak hanya pada *order-picking* saja. Akan tetapi juga dimulai

dari aktivitas *storing*. Sehingga akan menghasilkan *storage assignment* yang optimal berdasarkan kedua aktivitas tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, T. K. (2011). Material handling and process improvement using lean manufacturing principles. *International Journal of Industrial Engineering*, 357-368.
- Ad Dani, A. S. (2014). *Optimasi Tata Letak Semi Dinamis Raw Material Fast Moving pada Gudang dengan Pendekatan Matematis*. Tugas Akhir. Surabaya: ITS.
- Arnold, J. R., Chapman, S. N., & Clive, L. M. (2008). *Introduction to Materials Management* (6th ed.). Columbus: Prentice Hall.
- Arulkumar, P. V., & Saravanan, M. (2015). Minimising material handling cost using relative factors for fixed area cell layout problem. *Economics and Materials*, 311-317.
- Ballou, R. H. (2004). *Business Logistic Management* (5th ed.). New Jersey: Prentice Hall.
- Bartholdi, J. J., & Hackman, S. T. (2014, Agustus 19). Diambil kembali dari Warehouse Science: www.warehouse-science.com
- Chan, F. T., & Chan, H. (2011). Improving the productivity of order picking of manual-pick and multi-level rack distribution warehouse through the implementation of class-based storage. *Expert Systems with Application*, 2686-2700.
- Dharmapriya, U., & Kulatunga, A. (2011). New Strategy for Warehouse Optimization - Lean Warehousing. *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 22-24.
- Dotoli, M., Epicoco, N., Falagario, M., Costantino, N., & Turchiano, B. (2015). An integrated approach for warehouse analysis and optimization: A case study. *Computers in Industry*, 56-69.
- Drira, A., Pierreval, H., & Hajri-Gabouj, S. (2007). Facility layout problems : A survey. *Annual Reviews in Control*, 255-267.
- Ene, S., & Öztürk, N. (2012). Storage location assignment and order picking optimization in the automotive industry. *International Journal Advance Manufacturing Technology*, 787-797.
- Frazelle, E. H. (1992). *Material Handling System and Terminology*. Atlanta, GA: Lionheart Publishing Inc.

- Fumi, A., Scarabotti, L., & Massimiliano, S. M. (2013). Minimizing Warehouse Space with a Dedicated Storage Policy. *International Journal of Bussiness Management*, 1-8.
- Ghiani, G., Laporte, G., & Musmanno, R. (2004). *Introduction to Logistics Systems Planning and Control*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Green, C. J., Lee, J., & Kozman, A. T. (2010). Managing lean manufacturing in material handling operations. *International Journal of Production Research*, 2975-2993.
- Heragu, S. S. (2008). *Facilities Design*. New York: CRC Press.
- J. J. Coyle, E. J. (2003). *The Management of Business Logistics: A Supply Chain Perspective*. South-Western, Mason, OH.
- Kulweic, R. A. (1980). *Advance Material Handling*. Charlotte, NC: The Material Handling Institute.
- Myers, F. E., & Stephens, M. P. (2000). *Manufacturing facilities design and material handling* (2nd ed.). Upper Saddle River: Pearson Hall.
- O, S., V, N., Marjani, M. R., & Hussein, S. M. (2011). A heuristic algorithm for the warehouse space assignment problem considering operational constraints: with application in a case study. *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1-7.
- Rachmawati, U. (2011). *Perancangan Ulang Sistem Alokasi Bay dalam Gudang dengan Mempertimbangkan Throughput Produk di PT Petrokimia Gresik. Tugas Akhir*. Surabaya: ITS.
- Sanei, O., Nasiri, V., Marjani, M. R., & Hussein, S. M. (2011). A heuristic algorithm for the warehouse space assignment problem considering operational constraints: with application in a case study. *Proceedings of the 2011 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1-7.
- Santosa, B., & Willy, P. (2011). *Metoda Metaheuristik : Konsep dan Implementasi*. Surabaya: Guna Widya.
- Siringoringo, H. (2005). *Pemrograman Linear*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sooksaksun, N., & Kachitvichyanukul, V. (2009). Performance Evaluation of Warehouse with One-Block Class-based Storage Strategy . *Asian Institute of Technology Pathumthani*, 1553-1561.
- Tompkins, J. A., White, Y. A., & Bozer, J. M. (2003). *Facilities* (3rd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons Inc.

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Bagus Salira Yuda Waskita. Laki-laki yang lahir ditanggal 26 Desember 1994 ini sering disapa dengan panggilan Yuda oleh teman-temannya, dan Bagus oleh guru-gurunya. Penulis lahir adalah anak kedua dari tiga bersaudara putra-putra pasangan Siman Suwadji dan Samiati. Meskipun lahir di kota pelajar, penulis memiliki darah turunan kota Bonek.

Masa sekolah dasar penulis dihabiskan di SD Negeri Depok 1, yang berjarak sekitar 2 kilo meter dari rumahnya. Bersekolah di sekolah pinggiran tidak menciutkan nyali penulis untuk

berani maju ke sekolah favorit di Kota Yogyakarta. Hal itu pun terbukti dengan penulis menghabiskan waktu tiga tahun pendidikan sekolah menengah pertama di SMP Negeri 5 Yogyakarta. Laki-laki yang menyukai olahraga bersepeda ini kemudian melanjutkan sekolah menengah atas nya di SMA Negeri 1 Yogyakarta. Bersekolah di sekolah yang berjulukan “Teladan” tersebut banyak memberi kesan bagi penulis dengan ikut dalam berbagai macam kegiatan didalamnya. Penulis sendiri aktif sebagai anggota Peleton Inti SMA N 1 Yogyakarta dan bersama teman-temannya sering mengikuti kejuaraan baris-berbaris antar SMA. Salah satu prestasi penulis ketika itu bersama teman-temannya dalam baris berbaris adalah menjuarai LBB Kota Yogyakarta.

Selama kuliah di Jurusan Teknik Industri ITS, penulis aktif di berbagai kepanitiaan seperti ITS Expo 2013 sebagai staff dan lanjut di ITS Expo 2014 sebagai staff ahli. Selain itu penulis juga pernah aktif sebagai pengajar dalam kegiatan HMTI Mengajar yang diadakan oleh Departemen Sosial Masyarakat HMTI ITS. Selain selama masa kuliah penulis juga berkesempatan untuk mendapatkan Beasiswa Djarum Beasiswa Plus 2014/2015 dan dipercaya oleh teman-teman nya menjadi Ketua Regional Surabaya. Pengalaman menjadi salah satu penerima beasiswa Djarum menjadikan wawasan dan jaringan penulis semakin luas, karena bertemu dengan mahasiswa dari seluruh Indonesia.

Penulis dapat dihubungi via email : bagussalira94@gmail.com atau bagoes10yoeda@ymail.com. Selain itu, penulis sering menuangkan buah pikirannya yang dapat dilihat di bagussalira.tumblr.com.

(halaman ini sengaja dikosongkan)